

Partial Translation of JP 2003-255229

Publication Date: September 10, 2003

Application No.: 2002-53971

Filing Date: February 28, 2002

Applicant: MINOLTA CO LTD

Inventor: Satoshi OSAWA

Inventor: Keiji MATSUZAKA

[0015]

In a fourth embodiment (FIG. 4), a projection optical system that is approximately telecentric to the panel display surface (I1) side is composed of: in order on the optical path from the panel display surface (I1) side, a refracting lens group (GL); an eccentric aperture stop (ST); an eccentric refracting lens group (GL); an optical path bending mirror (M1) for bending the optical path with a flat reflective surface; a first power mirror (M2a) having a free curved reflective surface having a positive power; a second power mirror (M2b) having a free curved reflective surface having a negative power; and a counter mirror (M3) having a flat reflective surface that is approximately parallel with the screen surface (I2). In addition, in the fourth embodiment (FIG. 4), the both surfaces of the lens located immediately before the aperture stop (ST) and the lens surface located closest to the screen surface (I2) side are each formed of an aspherical surface, and the reflective surfaces of the two power mirrors (M2a and M2b) are each formed of a free curved surface.

REAR PROJECTION OPTICAL SYSTEM

Publication number: JP2003255229

Publication date: 2003-09-10

Inventor: OSAWA SATOSHI; MATSUZAKA KEIJI

Applicant: MINOLTA CO LTD

Classification:

- international: G02B17/08; G02B13/16; G02B13/18; G02F1/13;
G02F1/1335; G03B21/10; G02B17/08; G02B13/16;
G02B13/18; G02F1/13; G03B21/10; (IPC1-7):
G02B17/08; G02B13/16; G02B13/18; G02F1/13;
G02F1/1335; G03B21/10

- European:

Application number: JP20020053971 20020228

Priority number(s): JP20020053971 20020228

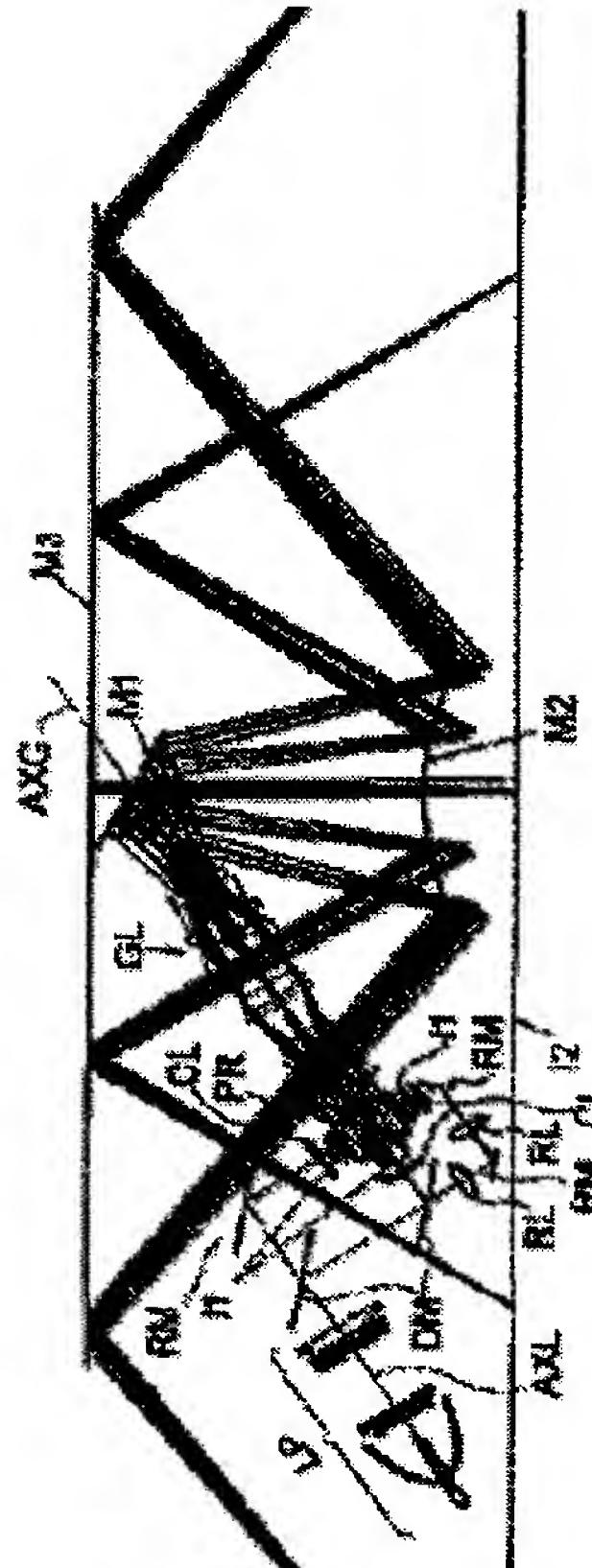
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2003255229

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin rear projection optical system of high performance on which a three-plate illuminating system can be mounted.

SOLUTION: A projection optical system for obliquely projecting an image of a panel display surface (I1) on a screen surface (I2) is provided with a refracting lens group (GL), an optical path bending mirror (M1), a power mirror (M2) having a negative power, and a counter mirror (M3) approximately parallel with the screen surface (I2). The projection optical system is approximately telecentric to the panel display surface (I1) side, and the panel display surface (I1) which has the normal parallel with an optical axis (AXG) of the refracting lens group (GL) satisfies conditional formula $0.2 < La/Lb < 5$ where La is the distance between the image center of the panel display surface (I1) and the screen surface (I2) in the normal direction of the screen surface (I2) and Lb is the distance between the image center of the panel display surface (I1) and the reflection surface of the counter mirror (M3) in the normal direction of the reflection surface of the counter mirror (M3).

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2003-255229
(P2003-255229A)

(43)公開日 平成15年9月10日 (2003.9.10)

(51)Int.Cl.⁷

識別記号

F I

データコード(参考)

G 02 B 17/08

G 02 B 17/08

A 2 H 0 8 7

13/16

13/16

2 H 0 8 8

13/18

13/18

2 H 0 9 1

G 02 F 1/13

5 0 5

G 02 F 1/13

5 0 5

1/1335

1/1335

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 32 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号

特願2002-53971(P2002-53971)

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(22)出願日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(72)発明者 大澤 聰

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 松坂 廉二

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪
国際ビル ミノルタ株式会社内

(74)代理人 100085501

弁理士 佐野 静夫 (外1名)

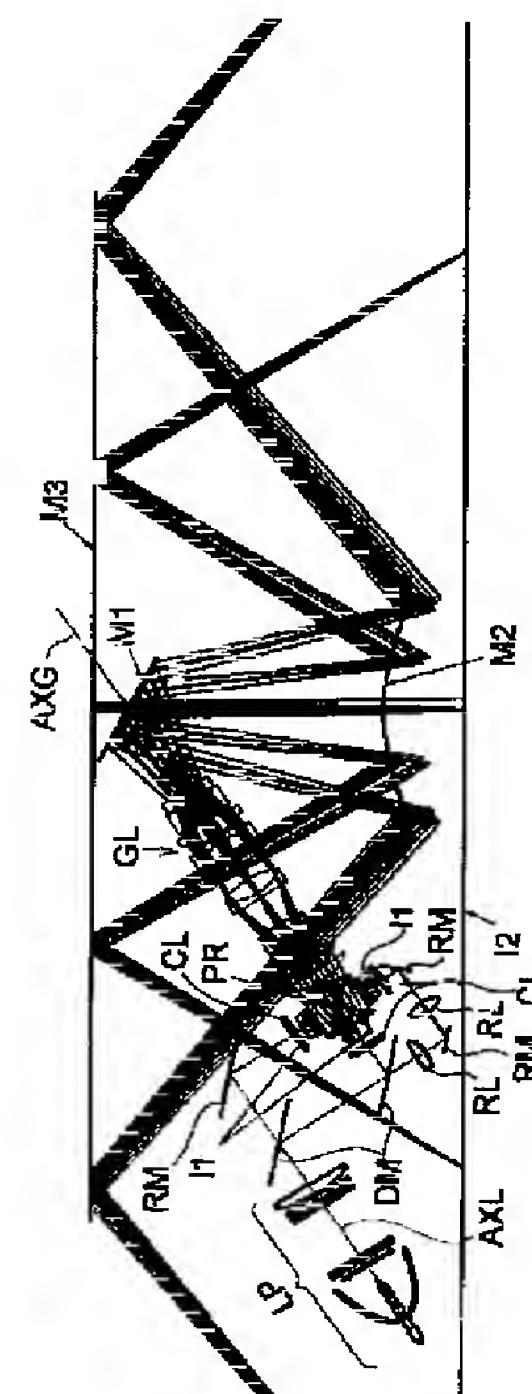
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 リアプロジェクション光学系

(57)【要約】

【課題】 3板式の照明系をコンパクトに搭載できる薄型で高性能のリアプロジェクション光学系を提供する。

【解決手段】 パネル表示面(I1)の画像をスクリーン面(I2)上に斜め投影する投影光学系が、屈折レンズ群(GL)、中折りミラー(M1)、負パワーのパワーミラー(M2)、スクリーン面(I2)に対して略平行な対向ミラー(M3)を備える。パネル表示面(I1)側に略テレセントリックであり、屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対して法線が平行なパネル表示面(I1)に関し、条件式: $0.2 < La/Lb < 5$ (La:スクリーン面(I2)の法線方向に関してパネル表示面(I1)の画面中心とスクリーン面(I2)との間の距離、Lb:対向ミラー(M3)の反射面の法線方向に関してパネル表示面(I1)の画面中心と対向ミラー(M3)の反射面との間の距離)を満たす。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 パネル表示面の画像をスクリーン面上に斜め投影する投影光学系を備えたリアプロジェクション光学系において、

前記投影光学系が、パネル表示面からスクリーン面への光路順に、屈折レンズ群と、光路を折り曲げる中折り反射面と、パワーを有するパワー反射面と、スクリーン面に対して略平行に対向する対向反射面と、を備えるとともにパネル表示面側に略テレセントリックな構成を有し、前記屈折レンズ群の光軸に対して法線が平行なパネル表示面に関し以下の条件式(1)を満たすことを特徴とするリアプロジェクション光学系；

$$0.2 < L_a / L_b < 5 \quad \dots (1)$$

ただし、

L_a ：スクリーン面の法線方向に関して、パネル表示面の画面中心とスクリーン面との間の距離、

L_b ：対向反射面の法線方向に関して、パネル表示面の画面中心と対向反射面との間の距離、

である。

【請求項2】 白色光を放射する照明光源部と、その白色光を3原色の各色光に分離する色分離手段と、分離された各色光を前記パネル表示面で変調する3枚のライトバルブと、前記色分離手段から各ライトバルブまでの光路のうち最も光路長の長い光路上に配置されたリレー光学系と、各ライトバルブで変調された各色光を合成する色合成手段と、が所定の空間内に配置されており、各パネル表示面の法線のいずれに対しても垂直な方向から見たときの前記空間の形状は、前記パネル表示面下端の最対角から射出した光束が前記パワー反射面から前記対向反射面を経てスクリーン面に到達するまでの光路とスクリーン面とから成る三角形であることを特徴とする請求項1記載のリアプロジェクション光学系。

【請求項3】 パネル表示面の画面中心から絞りの中心を通りスクリーン面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする請求項1又は2記載のリアプロジェクション光学系；

$$0.003 < S_a / (T \times \theta) < 0.05 \quad \dots (3)$$

ただし、

S_a ：屈折レンズ群において光路順に最もスクリーン面側のレンズ面と中折り反射面との間の画面中心光線の光路長、

T ：スクリーン面の法線方向に関して、スクリーン面上の光路有効域と対向反射面上の光路有効域との間の距離の最大値、

θ ：屈折レンズ群の光軸に対して直交する平面と中折り反射面とが成す角度(°)、

である。

【請求項4】 パネル表示面の画像を斜め方向からスクリーン面へ拡大投影する投影光学系を備えたリアプロジェクション光学系において、

前記投影光学系が、パネル表示面からスクリーン面への光路順に、屈折レンズ群と、光路を折り曲げる中折り反射面と、パワーを有する2つ以上のパワー反射面と、を備えるとともにパネル表示面からスクリーン面までに中間実像を結像することなく、パネル表示面の画面中心から絞りの中心を通りスクリーン面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式(4)及び(5)を満たすことを特徴とするリアプロジェクション光学系；

$$30 < \theta_0 < 65 \quad \dots (4)$$

$$0.9 < S_1 / S_m < 2.5 \quad \dots (5)$$

ただし、

θ_0 ：スクリーン面の画面中心において画面中心光線がスクリーン面の法線と成す角度(°)、

S_m ：最もパネル表示面側のパワー反射面から最もスクリーン面側のパワー反射面までの画面中心光線の光路長、

S_1 ：屈折レンズ群の最もスクリーン面側の面から最もパネル表示面側のパワー反射面までの画面中心光線の光路長、

である。

【請求項5】 前記投影光学系が有する反射面のうちの少なくとも1つが、回転対称な軸を持たない自由曲面形状の反射面であることを特徴とする請求項1，2，3又は4記載のリアプロジェクション光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はリアプロジェクション光学系に関するものであり、更に詳しくは、照明したパネル表示面の画像を投影光学系でスクリーン面上に斜め投影するリアプロジェクション光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 2次元表示素子の表示画像を投影光学系によってスクリーンに拡大投影するリアプロジェクション光学系においては、2次元表示素子の画面中心から射出した主光線がスクリーンの画面中心に略垂直に入射するように、投影光学系とスクリーンとの間に配置した平面ミラーで投影光路を折り曲げる薄型の光学構成が一般的に採用されている。また、スクリーンの大型化を達成しながら光学構成を更に薄型化するために、表示画像を斜め方向からスクリーンに拡大投影するリアプロジェクション光学系も提案されている(特開2001-264627号公報、特開2001-264632号公報、特開2001-264634号公報等)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 特開2001-264634号公報で提案されているリアプロジェクション光学系では、負のパワーを有するミラーが投影光学系に配置されており、そのミラーと2次元表示素子との間の光

路上に平面反射面の中折りミラーが配置されている。そして、2次元表示素子から投影光学系内の屈折レンズ群までをスクリーンに対して略平行に配置することにより、リアプロジェクション装置全体の薄型化を達成している。しかしながら、その光学配置ではスクリーンに向する平面ミラーから屈折レンズ群までの距離が近すぎるため、クロスダイクロイックプリズム等を用いた3板式の照明系の構成を探ることができない。また、光路上の中折りミラーの角度を45°程度に保った状態で更なる薄型化を図ろうとすると、負のパワーを有するミラーで反射した光束と中折りミラーとの物理的な干渉が生じてしまう。これを回避するには広画角にしなければならず、レンズ枚数の増加やレンズ径の大型化が避けられない。したがって、コンパクトな光学系を維持したまでの薄型化は困難である。

【0004】また、特開2001-264627号公報、特開2001-264632号公報及び特開2001-264634号公報には、ほぼ共軸な屈折レンズ系を2次元表示素子側に配置し、負パワーのミラーをスクリーン面側に配置したリアプロジェクション光学系が提案されている。この光学構成では薄型化を斜め投影により達成しているが、更なる薄型化・高精細化を達成しようとすると、負パワーのミラーをより大きくする必要が生じてしまい、負パワーのミラーの製造が困難になる。

【0005】本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであって、3板式の照明系をコンパクトに搭載することが可能な薄型で高性能のリアプロジェクション光学系を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するためには、第1の発明のリアプロジェクション光学系は、パネル表示面の画像をスクリーン面上に斜め投影する投影光学系を備えたリアプロジェクション光学系において、前記投影光学系が、パネル表示面からスクリーン面への光路順に、屈折レンズ群と、光路を折り曲げる中折り反射面と、パワーを有するパワー反射面と、スクリーン面に対して略平行に対向する対向反射面と、を備えるとともにパネル表示面側に略テレセントリックな構成を有し、前記屈折レンズ群の光軸に対して法線が平行なパネル表示面に関し以下の条件式(1)を満たすことを特徴とする。

$$0.2 < L_a / L_b < 5 \quad \cdots (1)$$

ただし、

L_a ：スクリーン面の法線方向に関して、パネル表示面の画面中心とスクリーン面との間の距離、

L_b ：対向反射面の法線方向に関して、パネル表示面の画面中心と対向反射面との間の距離、

である。

【0007】第2の発明のリアプロジェクション光学系は、上記第1の発明の構成において、白色光を放射する

照明光源部と、その白色光を3原色の各色光に分離する色分離手段と、分離された各色光を前記パネル表示面で変調する3枚のライトバルブと、前記色分離手段から各ライトバルブまでの光路のうち最も光路長の長い光路上に配置されたリレー光学系と、各ライトバルブで変調された各色光を合成する色合成手段と、が所定の空間内に配置されており、各パネル表示面の法線のいずれに対しても垂直な方向から見たときの前記空間の形状は、前記パネル表示面下端の最対角から射出した光束が前記パワー反射面から前記対向反射面を経てスクリーン面に到達するまでの光路とスクリーン面とから成る三角形であることを特徴とする。

【0008】第3の発明のリアプロジェクション光学系は、上記第1又は第2の発明の構成において、パネル表示面の画面中心から絞りの中心を通りスクリーン面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式(3)を満たすことを特徴とする。

$$0.003 < S_a / (T \times \theta) < 0.05 \quad \cdots (3)$$

ただし、

S_a ：屈折レンズ群において光路順に最もスクリーン面側のレンズ面と中折り反射面との間の画面中心光線の光路長、

T ：スクリーン面の法線方向に関して、スクリーン面上の光路有効域と対向反射面上の光路有効域との間の距離の最大値、

θ ：屈折レンズ群の光軸に対して直交する平面と中折り反射面とが成す角度(°)、

である。

【0009】第4の発明のリアプロジェクション光学系は、パネル表示面の画像を斜め方向からスクリーン面へ拡大投影する投影光学系を備えたリアプロジェクション光学系において、前記投影光学系が、パネル表示面からスクリーン面への光路順に、屈折レンズ群と、光路を折り曲げる中折り反射面と、パワーを有する2つ以上のパワー反射面と、を備えるとともにパネル表示面からスクリーン面までに中間実像を結像することなく、パネル表示面の画面中心から絞りの中心を通りスクリーン面の画面中心に到達する光線を画面中心光線とするとき、以下の条件式(4)及び(5)を満たすことを特徴とする。

$$30 < \theta_0 < 65 \quad \cdots (4)$$

$$0.9 < S_1 / S_m < 2.5 \quad \cdots (5)$$

ただし、

θ_0 ：スクリーン面の画面中心において画面中心光線がスクリーン面の法線と成す角度(°)、

S_m ：最もパネル表示面側のパワー反射面から最もスクリーン面側のパワー反射面までの画面中心光線の光路長、

S_1 ：屈折レンズ群の最もスクリーン面側の面から最もパネル表示面側のパワー反射面までの画面中心光線の光路長、

である。

【0010】第5の発明のリアプロジェクション光学系は、上記第1，第2，第3又は第4の発明の構成において、前記投影光学系が有する反射面のうちの少なくとも1つが、回転対称な軸を持たない自由曲面形状の反射面であることを特徴とする。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したリアプロジェクション光学系を、図面を参照しつつ説明する。図1～図7に、第1～第7の実施の形態の光学構成(主として投影光学系の光学配置、投影光路等)をそれぞれ示す。図1～図7において、(B)は各実施の形態の光学構成を直交座標系(X,Y,Z)におけるXZ断面で示している。これに対して(A)は、(B)の中折りミラー(M1)で折り曲げられた投影光路を展開した状態での光学構成を、直交座標系(X,Y,Z)におけるYZ断面で示している。なお、直交座標系(X,Y,Z)の原点(0)はパネル表示面(I1)の中心にあり、パネル表示面(I1)はXY平面に対して平行になっている。

【0012】各実施の形態のリアプロジェクション光学系は、縮小側のパネル表示面(I1)の画像を拡大側のスクリーン面(I2)上に斜め投影する投影光学系を備えており、さらにパネル表示面(I1)を照明する後述の照明系等も備えている。パネル表示面(I1)は2次元画像を表示する2次元表示素子(例えばLCD: Liquid Crystal Display)の表示面に相当するので、これを物面とするとスクリーン面(I2)は投影光学系により形成される像面に相当する。なお、各実施の形態を構成している投影光学系は、画像読み取り装置用の縮小投影光学系としても使用可能である。その場合、パネル表示面(I1)を画像読み取り用の受光素子(例えばCCD: Charge Coupled Device)の受光面とし、スクリーン面(I2)を読み取り画像面(つまりフィルム等の原稿面)とすればよい。

【0013】各実施の形態を構成している投影光学系は、パネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)への光路順に、屈折レンズ群(GL)と、中折りミラー(M1)と、負のパワーミラー(M2)又は正・負2枚のパワーミラー(M2a,M2b)と、対向ミラー(M3)と、を備えており、また、パネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)までに中間実像を結像しない構成になっている。また第1～第3，第5の実施の形態(図1～図3，図5)では、3板式でカラー化するための色合成手段としてクロスダイクロイックプリズム(PR)が投影光学系とパネル表示面(I1)との間に配置されている。採用するプロジェクション方式等に応じて、クロスダイクロイックプリズム(PR)の代わりに他のプリズムブロック(例えば単板式の構成では偏光分離プリズム)を配置してももちろん構わない。

【0014】ここで、各実施の形態を構成している投影光学系の各光学要素を更に詳しく説明する。第1～第3，第5の実施の形態(図1～図3，図5)では、パネル表示面(I1)側から光路順に、絞り(ST)を含む共軸系の屈

折レンズ群(GL)と、平面反射面で光路を折り曲げる中折りミラー(M1)と、負パワーの自由曲面反射面を有するパワーミラー(M2)と、スクリーン面(I2)に対して略平行な平面反射面を有する対向ミラー(M3)と、でパネル表示面(I1)側に略テレセントリックな投影光学系を構成している。また、第1～第3の実施の形態(図1～図3)では、パネル表示面(I1)側から3枚目のレンズの両面と最もスクリーン面(I2)側のレンズ面とが非球面から成っており、パワーミラー(M2)の反射面が自由曲面から成っている。第5の実施の形態(図5)では、パネル表示面(I1)側から2枚目のレンズのスクリーン面(I2)側のレンズ面と最もスクリーン面(I2)側のレンズ面とが非球面から成っており、パワーミラー(M2)の反射面が自由曲面から成っている。

【0015】第4の実施の形態(図4)では、パネル表示面(I1)側から光路順に、屈折レンズ群(GL)と、偏心した絞り(ST)と、偏心した屈折レンズ群(GL)と、平面反射面で光路を折り曲げる中折りミラー(M1)と、正パワーの自由曲面反射面を有する第1パワーミラー(M2a)と、負パワーの自由曲面反射面を有する第2パワーミラー(M2b)と、スクリーン面(I2)に対して略平行な平面反射面を有する対向ミラー(M3)と、でパネル表示面(I1)側に略テレセントリックな投影光学系を構成している。また、第4の実施の形態(図4)では、絞り(ST)の直前に位置するレンズの両面と最もスクリーン面(I2)側のレンズ面とが非球面から成っており、2枚のパワーミラー(M2a,M2b)の反射面が自由曲面から成っている。

【0016】第6，第7の実施の形態(図6，図7)では、パネル表示面(I1)側から光路順に、偏心した絞り(ST)と、偏心した屈折レンズ群(GL)と、平面反射面で光路を折り曲げる中折りミラー(M1)と、正パワーの自由曲面反射面を有する第1パワーミラー(M2a)と、負パワーの自由曲面反射面を有する第2パワーミラー(M2b)と、スクリーン面(I2)に対して略平行な平面反射面を有する対向ミラー(M3)と、で投影光学系を構成している。また、第6の実施の形態(図6)では、最もパネル表示面(I1)側に位置するレンズの両面と最もスクリーン面(I2)側に位置するレンズの両面とが非球面から成っており、2枚のパワーミラー(M2a,M2b)の反射面が自由曲面から成っている。第7の実施の形態(図7)では、パネル表示面(I1)側から2枚目のレンズの両面と最もスクリーン面(I2)側に位置するレンズの両面とが非球面から成っており、2枚のパワーミラー(M2a,M2b)の反射面が自由曲面から成っている。

【0017】上記のように、屈折レンズ群(GL)は複数枚のレンズとその最もパネル表示面(I1)側又はレンズ間に配置された絞り(ST)とで構成されており、また、中折りミラー(M1)と対向ミラー(M3)の反射面は平面を成し、パワーミラー(M2,M2a,M2b)の反射面はパワーを有する自由曲面を成している。このようにパネル表示面(I1)からス

クリーン面(I2)にかけて、複数の屈折レンズ面、光路を折り曲げる平面状の中折り反射面、パワーを有するパワー反射面、クリーン面(I2)に対して略平行に対向する対向反射面の順に光学要素(GL～M3)をそれぞれ配置すると、中折りミラー(M1)での光路の折り曲げとパワーミラー(M2; M2a, M2b)のパワーによって、高い光学性能を保ちながら投影光学系の広角化及び薄型化が可能となる。また、パネル表示面(I1)からクリーン面(I2)までに中間実像を結像しないことで、投影光学系の全長も短くすることができる。

【0018】各実施の形態の構成によれば、上記のように投影光学系を薄型化しても、高い性能保持しながら3板式の照明系等をコンパクトに搭載することが可能である。図22～図24に、光路配置の異なる3板式の照明系等がそれぞれ搭載されたリアルプロジェクション光学系の構成例をXZ断面で示す。図22、図23に示すリアルプロジェクション光学系は、第1の実施の形態(図1)における3板式の照明系等の配置例を示しており、図24に示すリアルプロジェクション光学系は、第5の実施の形態(図5)における3板式の照明系等の配置例を示している。図22～図24において、LPは白色光を放射する照明光源部、DMは色分離手段としてのダイクロイックミラー、RMは反射ミラー、RLはリレー光学系、CLはコンデンサレンズであり、照明系は照明光源部(LP)からコンデンサレンズ(CL)までの光学要素から成っている。

【0019】照明光源部(LP)は、リフレクタから略平行光を発するランプ(AXL: ランプ光軸)、照明光の空間的なエネルギー分布を均一化するレンズアレイ方式のインテグレータ、照明光の偏光方向を一方向に揃える偏光変換光学系等を備えている。この照明光源部(LP)から射出した白色光は、2枚のダイクロイックミラー(DM)によって3原色(RGB)の各色光に分離される。分離された各色光は、直接コンデンサレンズ(CL)に入射するか、あるいは反射ミラー(RM)やリレー光学系(RL)を経てコンデンサレンズ(CL)に入射する。このリレー光学系(RL)は、ダイクロイックミラー(DM)から各パネル表示面(I1)までの光路のうち最も光路長の長い光路上に配置されており、これにより各色光に関する光学的配置関係を等価にすることができる。

【0020】各コンデンサレンズ(CL)を射出した照明光は、各パネル表示面(I1)を照明する。ここではライトバルブとして透過型LCDを想定しており、3枚のライトバルブの各パネル表示面(I1)では、偏光方向が揃った各色光が2次元映像の各画素の表示(つまり画素毎のON/OFF)に応じた選択的な偏光制御により変調される。各ライトバルブのパネル表示面(I1)で変調された各色光は、クロスダイクロイックプリズム(PR)で色合成された後、屈折レンズ群(GL)や複数のミラー(M1～M3)から成る投影光学系で斜め方向からクリーン面(I2)へ拡大投影される。

【0021】図22～図24に示すように、3板式の照明系等をコンパクトに搭載しながら薄型化を達成するには、第1～第5の実施の形態(図1～図5)のようにパネル表示面(I1)側に略テレセントリックな構成を有し、屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対して法線が平行なパネル表示面(I1)に関し以下の条件式(1)を満たすことが望ましい。

$$0.2 < L_a / L_b < 5 \quad \cdots (1)$$

ただし、

L_a : クリーン面(I2)の法線方向に関して、パネル表示面(I1)の画面中心とクリーン面(I2)との間の距離、
L_b : 対向反射面(対向ミラー(M3)の反射面に相当する。)の法線方向に関して、パネル表示面(I1)の画面中心と対向反射面との間の距離、
である。

【0022】ここで、パネル表示面(I1)側に略テレセントリックな構成とは、パネル表示面(I1)側での光束が画面中心光線から±5°の角度範囲内にある光学構成を指すものとし、その画面中心光線とは、パネル表示面(I1)の画面中心から絞り(ST)の中心を通りクリーン面(I2)の画面中心に到達する光線を指すものとする。パネル表示面(I1)側に略テレセントリックな構成をとることにより、2次元表示素子として液晶表示素子(LCD)を用いることが可能になり、LCDを用いても色ムラの無いコントラストの良好な投影を行うことが可能になる。

【0023】また、距離L_a、L_bの基準となるパネル表示面(I1)とは、その法線が屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対して平行になる方向に位置する表示素子面を指している。図25、図26に、距離L_a、L_bを具体的に示す。図25(A)は図1(B)に示す第1の実施の形態のXZ断面構成を拡大したものであり、図25(B)はそのパネル表示面(I1)周辺部分を拡大して座標軸と共に示している。また図26(A)は、図26(B)中の破線矢印(座標原点(0)にパネル表示面(I1)の画面中心が位置する。)で示す視方向(Z軸に対して約14°傾斜)について、第4の実施の形態(図4)の光学構成を示している。

【0024】条件式(1)の上限を上回ると、クロスダイクロイックプリズム(PR)に相当する色合成ブロックから対向ミラー(M3)までの距離が小さくなり、条件式(1)の下限を下回ると、クロスダイクロイックプリズム(PR)に相当する色合成ブロックからクリーン面(I2)までの距離が小さくなる。したがって、いずれの場合においても照明系等を配置するための空間を確保することが困難になる。特にクロスダイクロイックプリズム(PR)等のプリズムブロックで色合成を行う3板式の照明系では、リレー光学系(RL)を配置するための空間を確保することが難しくなる。

【0025】このとき、照明系の配置の他に投影光学系のミラー配置も特定の条件を満たすことが、リアルプロジェクション光学系の効果的な薄型化を達成する上で望ま

しい。例えば、屈折レンズ群(GL)と負のパワーを有するパワーミラー(M2)との間に配置される中折りミラー(M1)は、以下の条件式(2)を満たすことが望ましく(図25参照。)、以下の条件式(2a)を満たすことが更に望ましい。

$$10 < \theta < 45 \quad \dots (2)$$

$$25 < \theta < 40 \quad \dots (2a)$$

ただし、

θ ：屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対して直交する平面と中折り反射面{中折りミラー(M1)の反射面に相当する。}とが成す角度(°)、である。

【0026】条件式(2)の上限を上回ると、中折りミラー(M1)による薄型化の効果が小さくなり、条件式(2)の下限を下回ると、照明系を含めたリアプロジェクション光学系全体を装置内に収めることが困難になる。条件式(2a)は、角度 θ の更に好ましい条件範囲を規定している。条件式(2a)の上限を上回ると、中折りミラー(M1)による効果的な薄型化が難しくなる。条件式(2a)の下限を下回ると、中折りミラー(M1)で反射した光線と屈折レンズ群(GL)の外径との干渉が生じやすくなるため、屈折レンズ群(GL)と中折りミラー(M1)との間の光路長をより長くとらなければならなくなる。その結果、照明系を含めたリアプロジェクション光学系全体を装置内に収めることが難しくなる。

【0027】上記のように投影光学系を配置すると、3板式の照明系を配置することが可能となる。このとき、リアプロジェクション光学系及びそれを搭載した装置をコンパクト化するために、照明系等を所定の空間内に配置することが望ましい。その空間を図27に基づいて説明する。図27(A)は、図1(B)に示す第1の実施の形態において、照明系等が配置される空間(TR、斜線領域)をXZ断面で示している。また図27(B)は、パネル表示面(I1)上での軸上・軸外{パネル表示面(I1)の画面中心と画面下端の最対角}のフィールドポジション(P1, P9)を座標軸と共に示している。

【0028】第1の実施の形態(図22、図23)は、前述したように、白色光を放射する照明光源部(LP)と、その白色光を3原色の各色光に分離するダイクロイックミラー(DM)と、分離された各色光をパネル表示面(I1)で変調する3枚のライトバルブ(LCD)と、ダイクロイックミラー(DM)から各ライトバルブまでの光路のうち最も光路長の長い光路上に配置されたリレー光学系(RL)と、各ライトバルブで変調された各色光を合成するクロスダイクロイックプリズム(PR)と、その他の光学要素と、を備えており、これらは図27に示すように所定の空間(TR)内に配置されている。各パネル表示面(I1)の法線のいずれに対しても垂直な方向(ここではY軸方向)から見たときの空間(TR)の形状は、パネル表示面(I1)下端の最対角(P9)から射出した光束がパワーリフレクターミラー(M2)の反射面}から対向反射面{対向ミラー(M3)の反射面

を経てスクリーン面(I2)に到達するまでの光路とスクリーン面(I2)とから成る三角形である。この三角形の空間(TR)内に上記照明系等を配置することにより、リアプロジェクション光学系及びそれを搭載した装置をコンパクト化することが可能となる。

【0029】なお、図27(A)において空間(TR)の三角形を構成する光路の光束は、パネル表示面(I1)下端の最対角(P9)から射出した光束のうち、パワーミラー(M2)で反射されてから対向ミラー(M3)に到達するまでの光束(9A)と、対向ミラー(M3)で反射されてからスクリーン面(I2)に到達するまでの光束(9B)と、の2本であり、図27(A)では各光束を5本の光線のラインで示している。

【0030】また図22や図24に示すように、照明光源部(LP)のランプ光軸(AXL)と屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)とが略平行になっていることが望ましい。ただし、略平行とは±10°の角度範囲内を指すものとする。これにより、レンズアレイ方式のインテグレータにおいて第1レンズアレイと第2レンズアレイとの間にミラー等(図23参照。)を配置しなくてもコンパクト化が可能となる。したがって、コスト的に有利になる。

【0031】照明系を構成しているリレー光学系(RL)が、屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対してスクリーン面(I2)側に配置されたとき(例えば図22、図23に示す照明系構成)、投影光学系が以下の条件式(1a)を満たすことが望ましい。

$$0.2 < L_a / L_b < 2 \quad \dots (1a)$$

【0032】条件式(1a)の上限を上回ると、対向ミラー(M3)で反射したパネル表示面(I1)の最対角の光路よりも対向ミラー(M3)側に照明光源部(LP)を配置しなければならなくなる、その結果、それがリアプロジェクション装置のコンパクト化にとって障害となる。逆に条件式(1a)の下限を下回ると、リレー光学系(RL)を配置するための空間を確保することが難しくなる。

【0033】照明系を構成しているリレー光学系(RL)が、屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対して対向反射面{対向ミラー(M3)の反射面}側に配置されたとき(例えば図24に示す照明系構成)、投影光学系が以下の条件式(1b)を満たすことが望ましい。

$$0.5 < L_a / L_b < 5 \quad \dots (1b)$$

【0034】条件式(1b)の上限を上回ると、リレー光学系(RL)を配置するための空間を確保することが難しくなる。逆に条件式(1b)の下限を下回ると、照明系をリアプロジェクション装置内に収めるために、照明光源部(LP)からコンデンサレンズ(CL)までの光路中で更なる折り曲げが必要となる。したがって、コストが高くなる。

【0035】また、以下の条件式(3)を満たすことが望ましい(図25参照。)。ただし、画面中心光線とは、前述したようにパネル表示面(I1)の画面中心から絞り(ST)の中心を通りスクリーン面(I2)の画面中心に到達する光線をいう。

$$0.003 < Sa / (T \times \theta) < 0.05 \quad \dots (3)$$

ただし、

Sa : 屈折レンズ群(GL)において光路順に最もスクリーン面(I2)側のレンズ面と中折り反射面(中折りミラー(M1)の反射面に相当する。)との間の画面中心光線の光路長、

T : スクリーン面(I2)の法線方向に関して、スクリーン面(I2)上の光路有効域と対向反射面(対向ミラー(M3)の反射面に相当する。)上の光路有効域との間の距離の最大値、

θ : 屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)に対して直交する平面と中折り反射面(中折りミラー(M1)の反射面に相当する。)とが成す角度(°)、

である。

【0036】条件式(3)の上限を上回ると、屈折レンズ群(GL)をリアプロジェクション装置内に収めることができなくなり、効果的な薄型化を図ることが困難になる。

【0037】一般に、リアプロジェクション装置の効果的な薄型化を図るためにには、パワーミラー(M2;M2a,M2b)の反射面の負パワーを強くし、より広画角にしなければならない。負のパワーを有する反射面は正のペツツバール値を持つので、負のパワーを強くした上で像面性を揃えるためには負のペツツバール値を大きくする必要が生じる。そこで、各実施の形態のように、屈折レンズ群(GL)を構成している屈折レンズのうち、光路順に最もスクリーン面(I2)側に配置されている屈折レンズが負のパワーを有し、その屈折レンズが少なくとも1面の非球面を有することが望ましい。このように構成すれば、非点収差とペツツバール和と共に補正することが可能となり、画角の大きい光線の光学性能を悪化させることなく、効果的な薄型化を図ることができる。

【0038】第4、第6、第7の実施の形態(図4、図6、図7)のように、パネル表示面(I1)の画像を斜め方向からスクリーン面(I2)へ拡大投影する投影光学系が、パネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)への光路順に、屈折レンズ群(GL)と、光路を折り曲げる中折り反射面(中折りミラー(M1)の反射面に相当する。)と、パワーを有する2つ以上のパワー反射面(第1、第2パワーミラー(M2a,M2b)の反射面に相当する。)と、を備えるとともにパネル表示面(I1)からスクリーン面(I2)までに中間実像を結像することなく、以下の条件式(4)及び(5)を満たすことが望ましい。ただし、画面中心光線とは、前述したようにパネル表示面(I1)の画面中心から絞り(ST)の中心を通りスクリーン面(I2)の画面中心に到達する光線をいう。

$$[0039] 30 < \theta_0 < 65 \quad \dots (4)$$

$$0.9 < S1 / Sm < 2.5 \quad \dots (5)$$

ただし、

θ_0 : スクリーン面(I2)の画面中心において画面中心光線がスクリーン面(I2)の法線と成す角度(°)、

Sm : 最もパネル表示面(I1)側のパワー反射面(第1パワーミラー(M2a)の反射面に相当する。)から最もスクリーン面(I2)側のパワー反射面(第2パワーミラー(M2b)の反射面に相当する。)までの画面中心光線の光路長、

S1 : 屈折レンズ群(GL)の最もスクリーン面(I2)側の面から最もパネル表示面(I1)側のパワー反射面(第1パワーミラー(M2a)の反射面に相当する。)までの画面中心光線の光路長、

である。

【0040】条件式(4)の下限を下回ると、斜め投影度合いが弱くなつて薄型化の効果が小さくなる。逆に条件式(4)の上限を上回ると、斜め投影度合いが強くなりすぎて投影光学系の実効的な画角が広くなるため、歪曲や像面湾曲の補正が困難になる。また、条件式(5)の下限を下回ると、屈折レンズ群(GL)が第1パワーミラー(M2a)に近くなりすぎてしまうため、屈折レンズ群(GL)と第1パワーミラー(M2a)との間において、屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)をスクリーン面(I2)に対して略平行にする中折りミラー(M1)の配置が困難になる。逆に条件式(5)の上限を上回ると、屈折レンズ群(GL)が第1パワーミラー(M2a)から離れ過ぎてしまうため、屈折レンズ群(GL)から第1パワーミラー(M2a)までの光束が平行に近くなつて光束幅が太くなる。その結果、屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)をスクリーン面(I2)に対して略平行にする中折りミラー(M1)の反射面の面積が大きくなるため、やはり折り返しが困難になる。

【0041】また、パネル表示面(I1)と絞り(ST)との間には、第1～第5の実施の形態(図1～図5)のように屈折レンズ群(GL)を構成している屈折レンズのみが配置されるか、あるいは第6、第7の実施の形態(図6、図7)のようにパネル表示面(I1)と屈折レンズ群(GL)との間に絞り(ST)のみが配置されることが望ましい。パネル表示面(I1)と絞り(ST)との間は光が集中する領域であり、この領域にミラーよりも耐熱性に優れた屈折系の光学素子のみを使用すれば、より明るい照明を行うことが可能となる。さらに、空間的に余裕のない領域でミラーによる光線の折り返しをしない構成になるため、照明系の配置が容易になる。

【0042】各実施の形態では、パワーミラー(M2;M2a,M2b)の反射面が自由曲面で構成されている。このように投影光学系が有する反射面のうちの少なくとも1つを回転対称な軸を持たない自由曲面形状の反射面にすることが望ましく、これにより少ない光学要素で斜め投影による非軸対称な収差の補正が可能となる。この自由曲面は反射面に限らず、屈折面(つまりレンズ面)に用いてもよ

い。投影光学系内に2面以上の自由曲面(反射面や屈折面)を用いることによって、斜め投影の台形歪みを主に補正するスクリーン面(I2)側の自由曲面と、斜め投影による非対称な像面湾曲及び非点隔差を補正する絞り(ST)側の自由曲面と、に収差補正を分担することができるため、より高性能な投影光学系を達成することができる。

【0043】屈折レンズ群(GL)の光軸(AXG)がパネル表示面(I1)の画面中心からシフトした状態の投影光学系においては、第4の実施の形態(図4)のように屈折レンズ群(GL)の一部が偏芯していることが望ましい。屈折レンズ群(GL)の一部が偏芯した構成をとることにより、シフトしているために発生している画面中心付近でのコマ収差や画面上下での非対称な像面湾曲の補正が容易になる。

【0044】第4、第6、第7の実施の形態(図4、図6、図7)のように、絞り(ST)よりもスクリーン面(I2)側に2面のパワーミラー(M2a, M2b)が配置され、そのうちの絞り(ST)側の第1パワーミラー(M2a)が正パワーを有し、スクリーン面(I2)側の第2パワーミラー(M2b)が負パワーを有することが望ましい。第1パワーミラー(M2a)が正のパワーを有すると、第1パワーミラー(M2a)で反射した光束が収束ぎみになるため、第2パワーミラー(M2b)を小さくすることができる。したがって、コスト面や製造しやすさの面で有利になる。さらに、第2パワーミラー(M2b)が負のパワーを有すると、短い投影距離で大きな画面の投影が可能となるため、投影光学系全体をコンパクトにすることができる。

【0045】フォーカスに関しては、投影光学系の一部の光学要素の移動により行うことが望ましい。2次元表示素子(LCD等)の移動によるフォーカスでは、多板方式を採用した場合にフォーカスに伴う画素ズレが生じやすく、このためフォーカスと画素ズレ調整とを同時にを行う必要が生じて作業時間が長くなるといった問題がある。また、投影光学系全体の移動によるフォーカスでは、移動部材が大きいためフォーカス機構自体も大きくなり、リアプロジェクション装置の大型化やコストアップを招くことになる。これらの課題を解決するには一部の光学要素を動かすことでフォーカスを行う構成が望ましく、この構成をとることで多板構成における画素ズレ調整のための表示素子移動とフォーカスとが独立するため、フォーカス及び画素ズレ調整作業が簡単になり、フォーカス機構自体のコンパクト化も達成することができる。さらに、投影光学系の一部を光軸(AXG)に沿って平行に動かすことでフォーカスを行うことが望ましく、これによりフォーカスの移動機構がより簡単になりコストダウンも可能となる。

【0046】なお、上述した各実施の形態には以下の構成を有する発明(i)～(vi)が含まれている。そしてこれらの構成によると、3板式の照明系をコンパクトに搭載することが可能な更に薄型で高性能のリアプロジェクシ

ョン光学系を実現することができる。そして、それをリアプロジェクション装置に適用することにより、当該装置の薄型・コンパクト化、高性能化及び低コスト化に寄与することができる。

【0047】(i) 白色光を放射する照明光源部と、その白色光を3原色の各色光に分離する色分離手段と、分離された各色光をパネル表示面で変調する3枚のライトバルブと、前記色分離手段から各ライトバルブまでの光路のうち最も光路長の長い光路上に配置されたリレー光学系と、各ライトバルブで変調された各色光を合成する色合成手段と、前記パネル表示面の画像をスクリーン面上に斜め投影する投影光学系と、を備えたリアプロジェクション光学系において、前記投影光学系が、パネル表示面からスクリーン面への光路順に、屈折レンズ群と、光路を折り曲げる中折り反射面と、パワーを有するパワー反射面と、スクリーン面に対して略平行に対向する対向反射面と、を備えるとともにパネル表示面側に略テレスコントリックな構成を有し、前記屈折レンズ群の光軸に対して法線が平行なパネル表示面に關し前記条件式(1)を満たすことを特徴とするリアプロジェクション光学系。

(ii) 前記照明光源部において照明光を平行光にするリフレクタの光軸と屈折レンズ群の光軸とが略平行になっていることを特徴とする上記(i)記載のリアプロジェクション光学系。

(iii) 前記リレー光学系が前記屈折レンズ群の光軸に対してスクリーン面側に配置されており、前記投影光学系が前記条件式(1a)を満たすことを特徴とする上記(i)又は(ii)記載のリアプロジェクション光学系。

(iv) 前記リレー光学系が前記屈折レンズ群の光軸に対して対向反射面側に配置されており、前記投影光学系が前記条件式(1b)を満たすことを特徴とする上記(i)又は(ii)記載のリアプロジェクション光学系。

(v) パネル表示面の画像を斜め方向からスクリーン面へ中間実像を結像することなく拡大投影する投影光学系を備えたリアプロジェクション光学系であって、前記投影光学系が、パネル表示面からスクリーン面への光路順に、屈折レンズ群と、光路を折り曲げる中折りミラーと、正パワーを有する第1パワーミラーと、負パワーを有する第2パワーミラーと、を備え、前記条件式(4)及び(5)を満たすことを特徴とするリアプロジェクション光学系。

(vi) 前記屈折レンズ群を構成している屈折レンズのうち、光路順に最もスクリーン面側に配置されている屈折レンズが負のパワーを有し、その屈折レンズが少なくとも1面の非球面を有することを特徴とする上記(i), (i), (iii), (iv)又は(v)記載のリアプロジェクション光学系。

【0048】

【実施例】以下、本発明を実施したリアプロジェクシ

ン光学系の投影光学系等を、コンストラクションデータ等を挙げて更に具体的に説明する。ここで例として挙げる実施例1～7は、前述した第1～第7の実施の形態にそれぞれ対応しており、各実施の形態を表す光学構成図(図1～図7等)は、対応する実施例の光学配置、投影光路等をそれぞれ示している。

【0049】各実施例のコンストラクションデータでは、縮小側のパネル表示面(I1；拡大投影における物面に相当する。)から拡大側のスクリーン面(I2；拡大投影における像面に相当する。)までを含めた系において、縮小側から数えてi番目の面がsi(i=0,1,2,3,...)であり、ri(i=0,1,2,3,...)が面siの曲率半径(mm)である。また、di(i=1,2,3,...)は縮小側から数えてi番目の軸上面間隔(mm、ただし偏心面間隔は偏心データとして記載する。)を示しており、Ni(i=1,2,3,...),レi(i=1,2,3,...)は縮小側から数えてi番目の光学素子のd線に対する屈折率(Nd),アッベ数(レd)をそれぞれ示している。

【0050】縮小側直前に位置する面に対して偏心した

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2}] + (A \cdot h^4 + B \cdot h^6 + C \cdot h^8 + D \cdot h^{10} + E \cdot h^{12} + F \cdot h^{14} + G \cdot h^{16} + H \cdot h^{18} + I \cdot h^{20}) \quad \dots (\text{ASP})$$

【数1】

$$z = (c \cdot h^2) / [1 + \sqrt{1 - (1 + K) \cdot c^2 \cdot h^2}] + \sum_m \sum_n [C(m, n) \cdot x^m \cdot y^n] \quad \dots (\text{XYP})$$

【0053】ただし、

z：高さhの位置でのz軸方向の変位量(面頂点基準)、

h：z軸に対して垂直な方向の高さ($h^2 = x^2 + y^2$)、

c：面頂点での曲率(=1/曲率半径)、

A, B, C, D, E, F：非球面係数、

K：コーニック定数、

C(m, n)：自由曲面係数(m, n=0, 1, 2, ...),

である。

【0054】各実施例の光学性能をスポットダイアグラム(図8～図14)と歪曲図(図15～図21)で示す。スポットダイアグラムは、スクリーン面(I2)での結像特性(mm)をd線, g線及びc線の3波長について示している。また歪曲図は、パネル表示面(I1)での長方形状網目に対応するスクリーン面(I2)での光線位置(mm)を示しており、実線が実施例の歪曲格子であり、点線がアナモ比を考慮した理想像点の格子(歪曲無し)である。

【0055】パネル表示面(I1)の画面長辺方向(X軸と同方向)にx軸をとり、パネル表示面(I1)の画面短辺方向(Y軸と同方向)にy軸をとった場合、各フィールドポジショ

《実施例1》

〔面〕 〔曲率半径等〕 〔面間隔〕

s0(I1) r0= ∞

(PR) ...

s1 r1= ∞

XDE=0.000, YDE=6.496, ZDE=10.000

ADE=0.000, BDE=0.000, CDE=0.000

面については、偏心データをグローバルな直交座標系(X, Y, Z)に基づいて示す。直交座標系(X, Y, Z)においては、XY平面に対して平行な第0面(s0, I1)の中心位置を原点(0, 0, 0)とする面頂点座標(XDE, YDE, ZDE)={X軸方向の平行偏心位置(mm), Y軸方向の平行偏心位置(mm), Z軸方向の平行偏心位置(mm)}で、平行偏心した面の位置を表すとともに、その面の面頂点を中心とするX, Y, Zの各方向の軸周りの回転角ADE, BDE, CDE(°)で面の傾き(回転偏心位置)を表す。ただし、偏心の順序はXDE, YDE, ZDE, ADE, BDE, CDEである。

【0051】*印が付された面siは軸対称な非球面であり、その面形状は面頂点を原点とするローカルな直交座標系(x, y, z)を用いた以下の式(ASP)で定義される。また、\$印が付された面siは自由曲面であり、その面形状は面頂点を原点とするローカルな直交座標系(x, y, z)を用いた以下の式(XYP)で定義される。非球面データ及び自由曲面データを他のデータと併せて示す(ただし数値がゼロの場合は適宜省略する。)。

【0052】

ン(FIELD POSITION)に対応する物高(mm)はパネル表示面(I1)の画面中心を原点とするローカルな直交座標(x, y)で表される。また、スクリーン面(I2)の画面長辺方向にx'軸をとり、スクリーン面(I2)の画面短辺方向にy'軸をとった場合、各像高(mm)はスクリーン面(I2)の画面中心を原点とするローカルな直交座標(x', y')で表される。したがって、各歪曲図はx'-y'平面に対して垂直方向から見たスクリーン面(I2)上の実際の像の歪曲状態(ただしx'の負側のみ)を示していることになる。平面反射面を有する中折りミラー(M1)を除けば(つまり中折りミラー(M1)で光路展開すれば)、いずれの実施例もYZ平面に関して対称になっているので、スポットや歪曲の評価物点はYZ平面に対して画面片側についてのみ表示している。ただし、光路図はYZ平面に関して対称な評価物点を含む光束で図示している。各フィールドポジションに対応する評価物点(x, y)をパネル表示面(I1)側の物高(mm)で示し、表1に各実施例の条件式対応値及び関連データを示す。

【0056】

〔屈折率〕 〔アッベ数〕

(10) 03-255229 (P2003-255229A)

d1= 28.000 N1= 1.51680 ν 1= 65.261
 s2 r2= ∞
 d2= 4.580
 (GL) ...
 s3 r3= 36.227
 d3= 7.331 N2= 1.489787 ν 2= 70.1001
 s4 r4= 231.042
 d4= 0.100
 s5 r5= 23.746
 d5= 12.220 N3= 1.49310 ν 3= 83.576
 s6 r6= -213.947
 d6= 2.330
 s7* r7= 30.587
 d7= 3.000 N4= 1.847319 ν 4= 25.8947
 s8* r8= 14.031
 d8= 7.824
 s9 r9= -56.293
 d9= 3.000 N5= 1.723952 ν 5= 26.5487
 s10 r10= 19.395
 d10= 9.099 N6= 1.754103 ν 6= 51.5833
 s11 r11= -81.033
 d11= 19.423
 s12(ST) r12= ∞ (絞り半径=14.352mm)
 d12= 0.196
 s13 r13=-532.940
 d13= 3.000 N7= 1.806166 ν 7= 30.7938
 s14 r14= 29.157
 d14= 10.759 N8= 1.799131 ν 8= 22.6161
 s15 r15= -44.263
 d15= 15.018
 s16 r16=-450.481
 d16= 14.481 N9= 1.749937 ν 9= 51.7239
 s17 r17= -22.609
 d17= 3.000 N10= 1.798500 ν 10= 22.6000
 s18 r18=-117.134
 d18= 0.100
 s19 r19= 41.867
 d19= 12.365 N11= 1.793631 ν 11= 45.7842
 s20 r20= -92.756
 d20= 1.762
 s21 r21=-204.717
 d21= 9.858 N12= 1.843877 ν 12= 40.1492
 s22 r22= 27.616
 d22= 9.554
 s23 r23= -19.200
 d23= 3.000 N13= 1.751924 ν 13= 51.6566
 s24* r24= -58.407
 s25(M1) r25= ∞
 XDE=0.000, YDE=6.496, ZDE=249.168
 ADE=0.000, BDE=-28.000, CDE=0.000

s26\$(M2) r26= ∞
 XDE=-124.646, YDE=6.496, ZDE=165.094
 ADE=0.000, BDE=-56.000, CDE=0.000
 d26=170.717

s27(M3) r27= ∞
 d27=-220.000
 s28(I2) r28= ∞

【0057】

[第7面(s7)の非球面データ]
 K= 2.149695,
 A=-0.130443 $\times 10^{-3}$, B= 0.409197 $\times 10^{-6}$, C=-0.934548 $\times 10^{-9}$,
 D= 0.273679 $\times 10^{-12}$

【0058】

[第8面(s8)の非球面データ]
 K= 0.000000,
 A=-0.148354 $\times 10^{-3}$, B= 0.591080 $\times 10^{-6}$, C=-0.277266 $\times 10^{-8}$,
 D= 0.846612 $\times 10^{-11}$, E=-0.265018 $\times 10^{-13}$, F=-0.843376 $\times 10^{-16}$

【0059】

[第24面(s24)の非球面データ]
 K=-5.162868,
 A=-0.201197 $\times 10^{-5}$, B= 0.292793 $\times 10^{-9}$, C= 0.164178 $\times 10^{-10}$,
 D=-0.244352 $\times 10^{-13}$

【0060】

[第26面(s26)の自由曲面データ]
 K= 0.000000,
 C(0,1)=-5.2673 $\times 10^{-3}$, C(2,0)=-4.7108 $\times 10^{-3}$, C(0,2)=-4.8891 $\times 10^{-3}$,
 C(2,1)= 1.1967 $\times 10^{-5}$, C(0,3)= 1.8108 $\times 10^{-5}$, C(4,0)= 4.9043 $\times 10^{-7}$,
 C(2,2)= 6.5283 $\times 10^{-7}$, C(0,4)= 1.8749 $\times 10^{-7}$, C(4,1)=-5.7709 $\times 10^{-9}$,
 C(2,3)=-5.1989 $\times 10^{-9}$, C(0,5)=-1.8187 $\times 10^{-9}$, C(6,0)=-6.1926 $\times 10^{-11}$,
 C(4,2)=-4.5090 $\times 10^{-11}$, C(2,4)=-2.8499 $\times 10^{-11}$, C(0,6)=-8.7834 $\times 10^{-13}$,
 C(6,1)= 1.2086 $\times 10^{-12}$, C(4,3)= 9.2287 $\times 10^{-13}$, C(2,5)= 4.2469 $\times 10^{-13}$,
 C(0,7)= 6.2436 $\times 10^{-14}$, C(8,0)= 4.1620 $\times 10^{-15}$, C(6,2)=-5.6778 $\times 10^{-15}$,
 C(4,4)=-2.8577 $\times 10^{-15}$, C(2,6)=-8.3852 $\times 10^{-16}$, C(0,8)=-1.8904 $\times 10^{-16}$,
 C(8,1)=-8.9547 $\times 10^{-17}$, C(6,3)=-4.0827 $\times 10^{-18}$, C(4,5)=-9.5400 $\times 10^{-18}$,
 C(2,7)=-2.0634 $\times 10^{-18}$, C(0,9)=-3.5518 $\times 10^{-19}$, C(10,0)=-3.0187 $\times 10^{-20}$,
 C(8,2)= 5.8377 $\times 10^{-19}$, C(6,4)=-8.3607 $\times 10^{-20}$, C(4,6)= 6.7400 $\times 10^{-20}$,
 C(2,8)=-4.6956 $\times 10^{-21}$, C(0,10)= 2.8248 $\times 10^{-21}$

【0061】

[評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)]
 P1: (0.000, 0.000), P2: (0.000, 4.456), P3: (0.000, -4.456),
 P4: (3.911, 4.456), P5: (3.911, 0.000), P6: (3.911, -4.456),
 P7: (7.822, 4.456), P8: (7.822, 0.000), P9: (7.822, -4.456)

【0062】

《実施例2》
 [面] [曲率半径等] [面間隔] [屈折率] [アッベ数]
 s0(I1) r0= ∞
 (PR) ...
 s1 r1= ∞
 XDE=0.000, YDE=6.281, ZDE=10.000
 ADE=0.000, BDE=0.000, CDE=0.000

(12) 03-255229 (P2003-255229A)

d1= 28.000 N1= 1.51680 ν 1= 65.261
 s2 r2= ∞ d2= 4.580
 (GL) ...
 s3 r3= 42.69873 d3= 6.922 N2= 1.490483 ν 2= 69.9984
 s4 r4= 1314.96078 d4= 0.100
 s5 r5= 23.57472 d5= 12.472 N3= 1.49310 ν 3= 83.576
 s6 r6= -209.70728 d6= 2.797
 s7* r7= 30.71608 d7= 3.000 N4= 1.847219 ν 4= 25.5575
 s8* r8= 13.88455 d8= 7.663
 s9 r9= -61.32119 d9= 3.000 N5= 1.723839 ν 5= 26.0717
 s10 r10= 19.07531 d10= 8.985 N6= 1.754500 ν 6= 51.5700
 s11 r11= -82.84677 d11= 18.586
 s12(ST) r12= ∞ (絞り半径=13.911mm) d12= 0.258
 s13 r13=-382.66605 d13= 3.000 N7= 1.805029 ν 7= 30.8386
 s14 r14= 28.92605 d14= 10.428 N8= 1.798500 ν 8= 22.6000
 s15 r15= -42.95477 d15= 16.869
 s16 r16=-238.93479 d16= 14.231 N9= 1.752132 ν 9= 51.6495
 s17 r17= -22.18188 d17= 3.000 N10= 1.798500 ν 10= 22.6000
 s18 r18= -98.63984 d18= 0.100
 s19 r19= 40.67029 d19= 12.175 N11= 1.796323 ν 11= 45.4517
 s20 r20= -98.71451 d20= 1.691
 s21 r21=-250.82646 d21= 9.864 N12= 1.844244 ν 12= 39.6208
 s22 r22= 27.48651 d22= 9.278
 s23 r23= -19.76991 d23= 3.000 N13= 1.746677 ν 13= 51.8356
 s24* r24= -73.91900
 s25(M1) r25= ∞
 XDE=0.000, YDE=6.281, ZDE=230.587
 ADE=0.000, BDE=-34.000, CDE=0.000

s26\$(M2) r26= ∞
 XDE=-150.596, YDE=6.281, ZDE=169.742
 ADE=0.000, BDE=-68.000, CDE=0.000

d26=183.084

s27(M3) r27= ∞
 d27=-230.000
 s28(I2) r28= ∞

【0063】

〔第7面(s7)の非球面データ〕

K= 2.234397,
 A=-0.128622 $\times 10^{-3}$, B= 0.406263 $\times 10^{-6}$, C=-0.970979 $\times 10^{-9}$,
 D= 0.331461 $\times 10^{-12}$

【0064】

〔第8面(s8)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A=-0.148377 $\times 10^{-3}$, B= 0.578250 $\times 10^{-6}$, C=-0.282400 $\times 10^{-8}$,
 D= 0.829789 $\times 10^{-11}$, E=-0.253952 $\times 10^{-13}$, F=-0.100494 $\times 10^{-15}$

【0065】

〔第24面(s24)の非球面データ〕

K=-10.478924,
 A=-0.871265 $\times 10^{-6}$, B= 0.205117 $\times 10^{-8}$, C= 0.143897 $\times 10^{-10}$,
 D=-0.224206 $\times 10^{-13}$

【0066】

〔第26面(s26)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,
 C(0,1)=-1.7397 $\times 10^{-3}$, C(2,0)=-4.4012 $\times 10^{-3}$, C(0,2)=-4.6372 $\times 10^{-3}$,
 C(2,1)= 9.2015 $\times 10^{-6}$, C(0,3)= 1.6251 $\times 10^{-5}$, C(4,0)= 4.4934 $\times 10^{-7}$,
 C(2,2)= 6.3527 $\times 10^{-7}$, C(0,4)= 1.9533 $\times 10^{-7}$, C(4,1)=-4.9000 $\times 10^{-9}$,
 C(2,3)=-4.9153 $\times 10^{-9}$, C(0,5)=-1.8661 $\times 10^{-9}$, C(6,0)=-6.0335 $\times 10^{-11}$,
 C(4,2)=-4.8238 $\times 10^{-11}$, C(2,4)=-2.7716 $\times 10^{-11}$, C(0,6)=-1.1843 $\times 10^{-12}$,
 C(6,1)= 1.0967 $\times 10^{-12}$, C(4,3)= 9.3472 $\times 10^{-13}$, C(2,5)= 4.1641 $\times 10^{-13}$,
 C(0,7)= 6.4715 $\times 10^{-14}$, C(8,0)= 4.9068 $\times 10^{-15}$, C(6,2)=-5.9037 $\times 10^{-15}$,
 C(4,4)=-2.8420 $\times 10^{-15}$, C(2,6)=-9.4445 $\times 10^{-16}$, C(0,8)=-1.4529 $\times 10^{-16}$,
 C(8,1)=-8.0892 $\times 10^{-17}$, C(6,3)=-1.2898 $\times 10^{-18}$, C(4,5)=-1.0410 $\times 10^{-17}$,
 C(2,7)=-2.4239 $\times 10^{-18}$, C(0,9)=-1.5313 $\times 10^{-19}$, C(10,0)=-1.2564 $\times 10^{-19}$,
 C(8,2)= 5.9084 $\times 10^{-19}$, C(6,4)=-9.9352 $\times 10^{-20}$, C(4,6)= 7.3946 $\times 10^{-20}$,
 C(2,8)= 3.0928 $\times 10^{-21}$, C(0,10)=-8.9085 $\times 10^{-22}$

【0067】

〔評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)〕

P1: (0.000, 0.000), P2: (0.000, 4.456), P3: (0.000, -4.456),
 P4: (3.911, 4.456), P5: (3.911, 0.000), P6: (3.911, -4.456),
 P7: (7.822, 4.456), P8: (7.822, 0.000), P9: (7.822, -4.456)

【0068】

《実施例3》

〔面〕 〔曲率半径等〕 〔面間隔〕 〔屈折率〕 〔アッベ数〕

s0(I1) r0= ∞

(PR) ...

s1 r1= ∞

XDE=0.000, YDE=6.256, ZDE=10.000

ADE=0.000, BDE=0.000, CDE=0.000

(14) 03-255229 (P2003-255229A)

d1= 28.000 N1= 1.51680 ν 1= 65.261
 s2 r2= ∞
 d2= 4.580
 (GL) ...
 s3 r3= 48.57249
 d3= 6.736 N2= 1.499495 ν 2= 68.7320
 s4 r4= -564.31540
 d4= 0.100
 s5 r5= 23.46235
 d5= 12.549 N3= 1.49310 ν 3= 83.576
 s6 r6= -213.00672
 d6= 2.930
 s7* r7= 30.94767
 d7= 3.000 N4= 1.847117 ν 4= 25.2225
 s8* r8= 13.88077
 d8= 7.524
 s9 r9= -67.27289
 d9= 3.000 N5= 1.720634 ν 5= 25.7418
 s10 r10= 19.05370
 d10= 8.745 N6= 1.754500 ν 6= 51.5700
 s11 r11= -88.79210
 d11= 17.735
 s12(ST) r12= ∞ (絞り半径=13.445mm)
 d12= 0.300
 s13 r13=-307.47240
 d13= 3.000 N7= 1.803451 ν 7= 30.6628
 s14 r14= 28.38577
 d14= 10.100 N8= 1.798500 ν 8= 22.6000
 s15 r15= -42.08787
 d15= 18.103
 s16 r16=-216.66026
 d16= 14.159 N9= 1.753845 ν 9= 50.3554
 s17 r17= -21.89469
 d17= 3.486 N10= 1.798500 ν 10= 22.6000
 s18 r18= -95.68419
 d18= 0.100
 s19 r19= 40.36564
 d19= 11.955 N11= 1.797737 ν 11= 45.2800
 s20 r20=-101.86678
 d20= 1.665
 s21 r21=-318.24078
 d21= 9.891 N12= 1.847703 ν 12= 40.2304
 s22 r22= 27.52920
 d22= 9.341
 s23 r23= -19.80773
 d23= 3.000 N13= 1.754501 ν 13= 51.5699
 s24* r24= -79.46855
 s25(M1) r25= ∞
 XDE=0.000, YDE=6.256, ZDE=219.932
 ADE=0.000, BDE=-40.000, CDE=0.000

s26\$(M2) r26= ∞
 XDE=-159.813, YDE=6.256, ZDE=191.753
 ADE=0.000, BDE=-80.000, CDE=0.000

d26=183.769

s27(M3) r27= ∞
 d27=-230.000

s28(I2) r28= ∞

【0069】

〔第7面(s7)の非球面データ〕

K= 2.290959,
 A=-0.127440 $\times 10^{-3}$, B= 0.406421 $\times 10^{-6}$, C=-0.995034 $\times 10^{-9}$,
 D= 0.389771 $\times 10^{-12}$

【0070】

〔第8面(s8)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A=-0.147917 $\times 10^{-3}$, B= 0.569491 $\times 10^{-6}$, C=-0.278128 $\times 10^{-8}$,
 D= 0.801479 $\times 10^{-11}$, E=-0.262699 $\times 10^{-13}$, F=-0.923632 $\times 10^{-16}$

【0071】

〔第24面(s24)の非球面データ〕

K=-14.830451,
 A=-0.934138 $\times 10^{-6}$, B= 0.285697 $\times 10^{-8}$, C= 0.144684 $\times 10^{-10}$,
 D=-0.284366 $\times 10^{-13}$

【0072】

〔第26面(s26)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,
 C(0,1)=-4.6972 $\times 10^{-4}$, C(2,0)=-4.4047 $\times 10^{-3}$, C(0,2)=-4.6798 $\times 10^{-3}$,
 C(2,1)= 9.2885 $\times 10^{-6}$, C(0,3)= 1.7131 $\times 10^{-5}$, C(4,0)= 4.5750 $\times 10^{-7}$,
 C(2,2)= 6.5206 $\times 10^{-7}$, C(0,4)= 2.0181 $\times 10^{-7}$, C(4,1)=-4.8158 $\times 10^{-9}$,
 C(2,3)=-5.0315 $\times 10^{-9}$, C(0,5)=-1.9640 $\times 10^{-9}$, C(6,0)=-6.1824 $\times 10^{-11}$,
 C(4,2)=-5.0664 $\times 10^{-11}$, C(2,4)=-2.8339 $\times 10^{-11}$, C(0,6)=-1.6991 $\times 10^{-12}$,
 C(6,1)= 1.0502 $\times 10^{-12}$, C(4,3)= 9.4675 $\times 10^{-13}$, C(2,5)= 4.1703 $\times 10^{-13}$,
 C(0,7)= 6.7450 $\times 10^{-14}$, C(8,0)= 5.3106 $\times 10^{-15}$, C(6,2)=-5.7965 $\times 10^{-15}$,
 C(4,4)=-2.7395 $\times 10^{-15}$, C(2,6)=-9.2185 $\times 10^{-16}$, C(0,8)=-8.9366 $\times 10^{-17}$,
 C(8,1)=-7.4408 $\times 10^{-17}$, C(6,3)= 1.3070 $\times 10^{-18}$, C(4,5)=-1.0597 $\times 10^{-17}$,
 C(2,7)=-2.2939 $\times 10^{-18}$, C(0,9)= 1.1653 $\times 10^{-19}$, C(10,0)=-1.7183 $\times 10^{-19}$,
 C(8,2)= 5.5873 $\times 10^{-19}$, C(6,4)=-1.1643 $\times 10^{-19}$, C(4,6)= 7.0602 $\times 10^{-20}$,
 C(2,8)= 3.1361 $\times 10^{-21}$, C(0,10)=-5.4103 $\times 10^{-21}$

【0073】

〔評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)〕

P1: (0.000, 0.000), P2: (0.000, 4.456), P3: (0.000, -4.456),
 P4: (3.911, 4.456), P5: (3.911, 0.000), P6: (3.911, -4.456),
 P7: (7.822, 4.456), P8: (7.822, 0.000), P9: (7.822, -4.456)

【0074】

《実施例4》

〔面〕 〔曲率半径等〕 〔面間隔〕 〔屈折率〕 〔アッペ数〕

s0(I1) r0= ∞

(GL) ...

s1 r1= 63.87412

XDE=0.000000, YDE=7.260484, ZDE=36.100000

ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000

s2 r2= -51.34926
 d2= 0.100000
 s3 r3= 33.41994
 d3= 8.000000 N2= 1.742732 ν2= 29.1832
 s4 r4= 18.00000
 d4= 9.000000 N3= 1.487490 ν3= 70.4400
 s5 r5= 277.56305
 d5= 0.100000
 s6* r6= 20.01882
 d6= 6.000000 N4= 1.498442 ν4= 62.9255
 s7* r7= 13.39042
 s8(ST) r8= ∞(絞り半径=6.06mm)
 XDE=0.000000, YDE=7.281700, ZDE=85.140200
 ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000
 s9 r9= -106.76500
 XDE=0.000000, YDE=7.298200, ZDE=111.934500
 ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000
 d9= 4.000000 N5= 1.614981 ν5= 33.1220
 s10 r10= 31.93525
 d10= 13.000000 N6= 1.795765 ν6= 45.5201
 s11 r11= -64.44364
 d11= 0.100000
 s12 r12= 35.28633
 d12= 11.000000 N7= 1.754500 ν7= 51.5700
 s13 r13= 31.94667
 d13= 18.294085
 s14* r14= -22.12338
 d14= 15.000000 N8= 1.49300 ν8= 58.3400
 s15* r15= -37.47293
 d15= 0.100000
 s16(M1) r16= ∞
 XDE=0.000000, YDE=7.298200, ZDE=204.091500
 ADE=0.000000, BDE=38.000000, CDE=0.000000
 s17\$(M2a) r17= ∞
 XDE=161.586300, YDE=7.298200, ZDE=163.803500
 ADE=0.000000, BDE=76.000000, CDE=0.000000
 d17=146.533021
 s18\$(M2b) r18= ∞
 s19(M3) r19= ∞
 XDE=146.037400, YDE=7.298200, ZDE=167.680300
 ADE=22.591400, BDE=74.887800, CDE=-21.885100
 s20(I2) r20= ∞
 XDE=-19.313600, YDE=24.451900, ZDE=208.907000
 ADE=7.621100, BDE=75.880200, CDE=-7.393400

【0075】

〔第6面(s6)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A=-0.669481×10⁻⁴, B=-0.142868×10⁻⁶, C= 0.104087×10⁻⁸,
 D=-0.264748×10⁻¹¹

【0076】

〔第7面(s7)の非球面データ〕

K= 0.000000,

A=-0.120521×10⁻³, B=-0.344582×10⁻⁶, C= 0.311831×10⁻⁸,D=-0.193813×10⁻¹⁰

【0077】

〔第14面(s14)の非球面データ〕

K= 0.000000,

A= 0.904540×10⁻⁵, B=-0.491340×10⁻⁷, C= 0.486706×10⁻¹⁰,D=-0.134552×10⁻¹²

【0078】

〔第15面(s15)の非球面データ〕

K= 0.000000,

A= 0.767805×10⁻⁵, B=-0.151339×10⁻⁷, C= 0.808672×10⁻¹¹,D=-0.103974×10⁻¹⁴

【0079】

〔第17面(s17)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,

C(0,1)=-1.0901×10⁻¹, C(2,0)=-3.0485×10⁻⁴, C(0,2)= 1.6035×10⁻⁴,C(2,1)= 1.1013×10⁻⁵, C(0,3)=-2.3074×10⁻⁵, C(4,0)= 3.3969×10⁻⁷,C(2,2)= 4.8216×10⁻⁷, C(0,4)= 1.3994×10⁻⁶, C(4,1)=-6.8083×10⁻⁹,C(2,3)=-1.6910×10⁻⁸, C(0,5)=-2.6272×10⁻⁸, C(6,0)=-7.9708×10⁻¹¹,C(4,2)= 4.2739×10⁻¹¹, C(2,4)= 6.1113×10⁻¹⁰, C(0,6)= 1.5167×10⁻¹⁰,C(6,1)= 1.2238×10⁻¹², C(4,3)=-5.4261×10⁻¹², C(2,5)=-1.9682×10⁻¹¹,C(0,7)= 1.9715×10⁻¹², C(8,0)= 1.0437×10⁻¹⁴, C(6,2)= 2.7311×10⁻¹⁴,C(4,4)= 1.8785×10⁻¹³, C(2,6)= 3.4668×10⁻¹³, C(0,8)=-3.7184×10⁻¹⁴,C(8,1)=-1.8479×10⁻¹⁶, C(6,3)=-6.5579×10⁻¹⁶, C(4,5)=-2.3611×10⁻¹⁵,C(2,7)=-3.0094×10⁻¹⁵, C(0,9)= 1.9974×10⁻¹⁶, C(10,0)=-4.4775×10⁻¹⁹,C(8,2)= 2.8976×10⁻¹⁹, C(6,4)= 3.5797×10⁻¹⁸, C(4,6)= 1.0308×10⁻¹⁷,C(2,8)= 1.0185×10⁻¹⁷, C(0,10)=-2.7297×10⁻¹⁹

【0080】

〔第18面(s18)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,

C(0,1)= 1.5096×10⁻¹, C(2,0)= 1.3348×10⁻³, C(0,2)=-2.8574×10⁻²,C(2,1)= 3.7805×10⁻⁴, C(0,3)= 7.0677×10⁻⁴, C(4,0)=-7.4202×10⁻⁷,C(2,2)=-1.0584×10⁻⁵, C(0,4)=-6.9791×10⁻⁶, C(4,1)= 6.7790×10⁻⁹,C(2,3)= 1.4701×10⁻⁷, C(0,5)= 2.3532×10⁻⁸, C(6,0)= 7.9656×10⁻¹¹,C(4,2)= 1.7739×10⁻¹¹, C(2,4)=-1.1856×10⁻⁹, C(0,6)= 1.1982×10⁻¹⁰,C(6,1)=-9.7217×10⁻¹³, C(4,3)=-4.5219×10⁻¹³, C(2,5)= 5.2127×10⁻¹²,C(0,7)=-1.2461×10⁻¹², C(8,0)=-2.5090×10⁻¹⁵, C(6,2)= 4.1658×10⁻¹⁵,C(4,4)= 1.4600×10⁻¹⁵, C(2,6)=-9.6067×10⁻¹⁵, C(0,8)= 2.9824×10⁻¹⁵

【0081】

〔評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)〕

P1: (-0.000, 0.000), P2: (-0.000, 4.300), P3: (-0.000, -4.300),

P4: (3.850, 4.300), P5: (3.850, 0.000), P6: (3.850, -4.300),

P7: (7.700, 4.300), P8: (7.700, 0.000), P9: (7.700, -4.300)

【0082】

《実施例5》

〔面〕 〔曲率半径等〕 〔面間隔〕 〔屈折率〕 〔アッベ数〕

s0(I1) r0= ∞

(PR) ...

s1 r1= ∞
 XDE=0.000, YDE=6.100, ZDE=8.181
 ADE=0.000, BDE=0.000, CDE=0.000
 d1= 24.000 N1= 1.5168 ν 1= 64.1988

s2 r2= ∞
 d2= 16.208

(GL) ...

s3 r3= 45.72905
 d3= 10.500 N2= 1.497000 ν 2= 81.6092

s4 r4= -83.52722
 d4= 0.100

s5 r5= 183.86036
 d5= 5.000 N3= 1.493000 ν 3= 58.3432

s6* r6= 133.40350
 d6= 48.154

s7 r7= 572.14402
 d7= 3.000 N4= 1.717360 ν 4= 29.4967

s8 r8= 30.15252
 d8= 0.020 N5= 1.514000 ν 5= 42.8333

s9 r9= 30.15253
 d9= 9.000 N6= 1.620410 ν 6= 60.2925

s10 r10= -57.20263
 d10= 0.100

s11(ST) r11= ∞ (絞り半径=13.052mm)
 d11= 1.838

s12 r12= -47.35536
 d12= 3.000 N7= 1.647690 ν 7= 33.8396

s13 r13= -102.14920
 d13= 51.360

s14 r14= -161.90372
 d14= 9.000 N8= 1.717360 ν 8= 29.4967

s15 r15= -56.33384
 d15= 1.330

s16 r16= 68.44291
 d16= 7.000 N9= 1.713000 ν 9= 53.9334

s17 r17= 198.90912
 d17= 0.100

s18 r18= 39.47948
 d18= 10.000 N10= 1.713000 ν 10= 53.9334

s19 r19= 78.45830
 d19= 0.020 N11= 1.514000 ν 11= 42.8333

s20 r20= 78.45830
 d20= 9.800 N12= 1.647690 ν 12= 33.8396

s21 r21= 23.95971
 d21= 14.767

s22 r22= -36.27514
 d22= 3.500 N13= 1.647690 ν 13= 33.8396

s23 r23= 79.15744
 d23= 11.403

s24 r24= -25.36608
 d24= 6.500 N14=1.493000 ν14=58.3432
 s25* r25= -33.18642
 s26(M1) r26= ∞
 XDE=0.000, YDE=6.100, ZDE=286.881
 ADE=0.000, BDE=-40.000, CDE=0.000
 s27\$(M2) r27= ∞
 XDE=-166.433, YDE=6.100, ZDE=257.535
 ADE=0.000, BDE=-80.000, CDE=0.000
 d27=192.000
 s28(M3) r28= ∞
 d28=-240.000
 s29(I2) r29= ∞

【0083】

[第6面(s6)の非球面データ]
 K= 0.000000,
 A= 0.503926×10^{-5} , B= 0.902944×10^{-9} , C= 0.276258×10^{-11} ,
 D= 0.282790×10^{-14} , E= $-0.123072 \times 10^{-16}$, F= 0.206113×10^{-19}

【0084】

[第25面(s25)の非球面データ]
 K= 0.000000,
 A= -0.160422×10^{-6} , B= -0.182757×10^{-8} , C= 0.510219×10^{-11} ,
 D= $-0.204959 \times 10^{-13}$, E= 0.321089×10^{-16} , F= $-0.219160 \times 10^{-19}$

【0085】

[第27面(s27)の自由曲面データ]
 K= 0.000000,
 C(0,1)= -1.2200×10^{-3} , C(2,0)= -4.4151×10^{-3} , C(0,2)= -4.6006×10^{-3} ,
 C(2,1)= 9.0099×10^{-6} , C(0,3)= 3.3302×10^{-5} , C(4,0)= 4.2122×10^{-7} ,
 C(2,2)= 4.5809×10^{-7} , C(0,4)= -1.4455×10^{-6} , C(4,1)= -4.5114×10^{-9} ,
 C(2,3)= 8.4544×10^{-9} , C(0,5)= 6.0278×10^{-8} , C(6,0)= -4.9403×10^{-11} ,
 C(4,2)= -6.2938×10^{-11} , C(2,4)= -4.4123×10^{-10} , C(0,6)= -1.3028×10^{-9} ,
 C(6,1)= 1.1429×10^{-12} , C(4,3)= 1.0441×10^{-12} , C(2,5)= 7.0498×10^{-12} ,
 C(0,7)= 1.6385×10^{-11} , C(8,0)= 2.6096×10^{-15} , C(6,2)= -5.9953×10^{-15} ,
 C(4,4)= 8.2253×10^{-17} , C(2,6)= -5.9679×10^{-14} , C(0,8)= -1.2210×10^{-13} ,
 C(8,1)= -8.6579×10^{-17} , C(6,3)= 6.0585×10^{-18} , C(4,5)= -7.0958×10^{-17} ,
 C(2,7)= 2.7590×10^{-16} , C(0,9)= 5.0028×10^{-16} , C(10,0)= 5.5863×10^{-20} ,
 C(8,2)= 5.4754×10^{-19} , C(6,4)= -1.0274×10^{-19} , C(4,6)= 3.5751×10^{-19} ,
 C(2,8)= -5.6194×10^{-19} , C(0,10)= -8.6695×10^{-19}

【0086】

[評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)]
 P1: (0.000, 0.000), P2: (0.000, 4.356), P3: (0.000, -4.356),
 P4: (3.861, 4.356), P5: (3.861, 0.000), P6: (3.861, -4.356),
 P7: (7.722, 4.356), P8: (7.722, 0.000), P9: (7.722, -4.356)

【0087】

《実施例6》
 [面] [曲率半径等] [面間隔] [屈折率] [アッペ数]
 s0(I1) r0= ∞
 s1(ST) r1= ∞ (絞り半径=5.885mm)
 XDE=0.000000, YDE=11.136853, ZDE=37.507469
 ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000

(20)03-255229 (P2003-255229A)

d1= 1.289659
(GL) ...
s2* r2= 124.94033
XDE=0.000000, YDE=10.732524, ZDE=38.797127
ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000
d2= 3.000000 N1= 1.80518 ν1= 25.400
s3* r3= 39.35628
d3= 1.858175
s4 r4= 55.66285
d4= 4.530728 N2= 1.49310 ν2= 83.600
s5 r5= -19.43523
d5= 23.055440
s6 r6= 33.07436
d6= 10.000000 N3= 1.759293 ν3= 50.7489
s7 r7= 41.71438
d7= 20.206349
s8* r8= -25.75126
d8= 5.083714 N4= 1.49300 ν4= 58.3400
s9* r9= -40.30288
s10(M1) r10= ∞
XDE=0.000000, YDE=10.732524, ZDE=139.731534
ADE=0.000000, BDE=40.000000, CDE=0.000000
s11\$(M2a) r11= ∞
XDE=145.082942, YDE=10.732524, ZDE=114.149497
ADE=0.000000, BDE=80.000000, CDE=0.000000
d11=130.321081
s12\$(M2b) r12= ∞
s13(M3) r13= ∞
XDE=157.754351, YDE=45.881724, ZDE=111.915185
ADE=0.000000, BDE=80.000000, CDE=0.000000
d13=200.000000
s14(I2) r14= ∞

【0088】

[第2面(s2)の非球面データ]
K= 0.000000,
A=-0.151605×10⁻³, B= 0.379804×10⁻⁶, C=-0.376002×10⁻⁸,
D= 0.318323×10⁻¹⁰

【0089】

[第3面(s3)の非球面データ]
K= 0.000000,
A=-0.131992×10⁻³, B= 0.564830×10⁻⁶, C=-0.233105×10⁻⁸,
D= 0.111704×10⁻¹⁰

【0090】

[第8面(s8)の非球面データ]
K= 0.000000,
A= 0.534614×10⁻⁴, B=-0.261271×10⁻⁶, C= 0.494655×10⁻⁹,
D=-0.916574×10⁻¹²

【0091】

[第9面(s9)の非球面データ]
K= 0.000000,

A= 0.542248×10^{-4} , B= -0.151653×10^{-6} , C= 0.182433×10^{-9} ,
 D= $-0.831859 \times 10^{-13}$

【0092】

〔第11面(s11)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,
 C(0,1)= -1.6876×10^{-1} , C(2,0)= -5.6381×10^{-4} , C(0,2)= 4.9798×10^{-3} ,
 C(2,1)= 2.1640×10^{-5} , C(0,3)= -1.3901×10^{-4} , C(4,0)= 4.2451×10^{-7} ,
 C(2,2)= 1.3769×10^{-6} , C(0,4)= 2.6965×10^{-6} , C(4,1)= -2.6763×10^{-8} ,
 C(2,3)= -6.8304×10^{-8} , C(0,5)= -2.4611×10^{-8} , C(6,0)= -9.1242×10^{-13} ,
 C(4,2)= 8.5963×10^{-10} , C(2,4)= 1.5060×10^{-9} , C(0,6)= 9.3703×10^{-12} ,
 C(6,1)= -9.6773×10^{-14} , C(4,3)= -1.5741×10^{-11} , C(2,5)= -1.8824×10^{-11} ,
 C(0,7)= 2.1289×10^{-12} , C(8,0)= -9.4133×10^{-16} , C(6,2)= 4.0779×10^{-15} ,
 C(4,4)= 1.6216×10^{-13} , C(2,6)= 1.3563×10^{-13} , C(0,8)= -2.1674×10^{-14} ,
 C(8,1)= 1.0720×10^{-17} , C(6,3)= -3.2541×10^{-17} , C(4,5)= -8.7660×10^{-16} ,
 C(2,7)= -5.2208×10^{-16} , C(0,9)= 9.4921×10^{-17} , C(10,0)= 8.8193×10^{-20} ,
 C(8,2)= -1.8250×10^{-19} , C(6,4)= 9.4670×10^{-20} , C(4,6)= 1.9320×10^{-18} ,
 C(2,8)= 8.2367×10^{-19} , C(0,10)= -1.6325×10^{-19}

【0093】

〔第12面(s12)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,
 C(0,1)= -3.8642×10^{-2} , C(2,0)= -2.0161×10^{-3} , C(0,2)= -1.9222×10^{-2} ,
 C(2,1)= 4.9293×10^{-4} , C(0,3)= 4.9695×10^{-4} , C(4,0)= -8.0313×10^{-7} ,
 C(2,2)= -1.1304×10^{-5} , C(0,4)= -4.3708×10^{-6} , C(4,1)= -7.6786×10^{-9} ,
 C(2,3)= 1.2597×10^{-7} , C(0,5)= 1.0466×10^{-8} , C(6,0)= 1.4168×10^{-10} ,
 C(4,2)= 4.2520×10^{-10} , C(2,4)= -7.8190×10^{-10} , C(0,6)= 9.3289×10^{-11} ,
 C(6,1)= -1.8373×10^{-12} , C(4,3)= -4.1150×10^{-12} , C(2,5)= 2.6445×10^{-12} ,
 C(0,7)= -7.1112×10^{-13} , C(8,0)= -2.9748×10^{-15} , C(6,2)= 7.0491×10^{-15} ,
 C(4,4)= 1.2365×10^{-14} , C(2,6)= -3.9685×10^{-15} , C(0,8)= 1.4325×10^{-15}

【0094】

〔評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)〕

P1: (0.000, 0.000), P2: (0.000, 4.200), P3: (0.000, -4.200),
 P4: (3.800, 4.200), P5: (3.800, 0.000), P6: (3.800, -4.200),
 P7: (7.600, 4.200), P8: (7.600, 0.000), P9: (7.600, -4.200)

【0095】

《実施例7》

〔面〕	〔曲率半径等〕	〔面間隔〕	〔屈折率〕	〔アッペ数〕
s0(I1)	r0= ∞			
s1(ST)	r1= ∞ (絞り半径=6.53123mm)			
	XDE=0.000000, YDE=9.248352, ZDE=43.048939			
	ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000			
(GL)	…			
s2	r2= 17.93217			
	XDE=0.000000, YDE=10.699692, ZDE=46.089411			
	ADE=0.000000, BDE=0.000000, CDE=0.000000			
	d2= 8.361708 N1= 1.49310 ν 1= 83.600			
s3	r3= -50.85400			
	d3= 7.423505			
s4*	r4= -40.01095			
	d4= 4.930737 N2= 1.80518 ν 2= 25.400			
s5*	r5= 139.05800			

```

d5= 10.900000
s6     r6= 44.88510
           d6= 10.000000 N3= 1.690173 ν3= 27.1337
s7     r7= 115.35449
           d7= 8.108669
s8*    r8= -24.84230
           d8= 10.000000 N4= 1.49300 ν4= 58.3400
s9*    r9= -26.67681
s10(M1) r10= ∞
           XDE=0.000000, YDE=10.699692, ZDE=140.914030
           ADE=0.000000, BDE=35.000000, CDE=0.000000
s11$(M2a) r11= ∞
           XDE=164.496200, YDE=10.699692, ZDE=81.042309
           ADE=0.000000, BDE=70.000000, CDE=0.000000
           d11=159.953200
s12$(M2b) r12= ∞
s13(M3) r13= ∞
           XDE=142.469993, YDE=45.848692, ZDE=89.059193
           ADE=-9.464260, BDE=69.746301, CDE=8.888719
s14(I2) r14= ∞
           XDE=3.339157, YDE=37.407018, ZDE=139.698676
           ADE=-31.182246, BDE=66.953397, CDE=29.113226

```

【0096】

〔第4面(s4)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A=-0.131106×10⁻³, B= 0.338411×10⁻⁸, C=-0.127346×10⁻⁸,
 D= 0.840687×10⁻¹¹

【0097】

〔第5面(s5)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A=-0.933343×10⁻⁴, B= 0.229123×10⁻⁶, C=-0.720063×10⁻⁹,
 D= 0.307982×10⁻¹¹

【0098】

〔第8面(s8)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A= 0.312883×10⁻⁴, B=-0.105723×10⁻⁶, C= 0.926496×10⁻¹⁰,
 D=-0.479989×10⁻¹²

【0099】

〔第9面(s9)の非球面データ〕

K= 0.000000,
 A= 0.257666×10⁻⁴, B= 0.111055×10⁻⁷, C=-0.922043×10⁻¹⁰,
 D= 0.993086×10⁻¹³

【0100】

〔第11面(s11)の自由曲面データ〕

K= 0.000000,
 C(0,1)=-9.2225×10⁻², C(2,0)=-1.1829×10⁻³, C(0,2)= 1.7611×10⁻³,
 C(2,1)= 7.6552×10⁻⁵, C(0,3)=-5.3598×10⁻⁵, C(4,0)= 4.0620×10⁻⁷,
 C(2,2)=-1.3738×10⁻⁶, C(0,4)= 1.2191×10⁻⁶, C(4,1)=-3.6962×10⁻⁸,
 C(2,3)=-2.6319×10⁻⁹, C(0,5)=-9.5721×10⁻⁹, C(6,0)= 6.2396×10⁻¹¹,
 C(4,2)= 1.6208×10⁻⁹, C(2,4)= 8.0408×10⁻¹⁰, C(0,6)=-5.0334×10⁻¹¹,

$C(6,1) = -2.7883 \times 10^{-12}$, $C(4,3) = -3.9185 \times 10^{-11}$, $C(2,5) = -1.8310 \times 10^{-11}$,
 $C(0,7) = 1.5167 \times 10^{-12}$, $C(8,0) = -1.0662 \times 10^{-14}$, $C(6,2) = 7.9542 \times 10^{-14}$,
 $C(4,4) = 5.0661 \times 10^{-13}$, $C(2,6) = 1.9122 \times 10^{-13}$, $C(0,8) = -1.1267 \times 10^{-14}$,
 $C(8,1) = -2.2331 \times 10^{-17}$, $C(6,3) = -8.1610 \times 10^{-16}$, $C(4,5) = -3.3039 \times 10^{-15}$,
 $C(2,7) = -9.7135 \times 10^{-16}$, $C(0,9) = 3.4587 \times 10^{-17}$, $C(10,0) = 1.5307 \times 10^{-18}$,
 $C(8,2) = -5.8419 \times 10^{-19}$, $C(6,4) = 3.1164 \times 10^{-18}$, $C(4,6) = 8.5189 \times 10^{-18}$,
 $C(2,8) = 1.9230 \times 10^{-18}$, $C(0,10) = -3.2257 \times 10^{-20}$

【0101】

〔第12面(s12)の自由曲面データ〕

$K = 0.000000$,

$C(0,1) = -1.2366 \times 10^0$, $C(2,0) = 1.2734 \times 10^{-3}$, $C(0,2) = 1.2189 \times 10^{-2}$,
 $C(2,1) = 4.0383 \times 10^{-4}$, $C(0,3) = 1.0403 \times 10^{-4}$, $C(4,0) = -1.7091 \times 10^{-6}$,
 $C(2,2) = -8.0278 \times 10^{-6}$, $C(0,4) = -2.1857 \times 10^{-6}$, $C(4,1) = 3.2135 \times 10^{-9}$,
 $C(2,3) = 5.9159 \times 10^{-8}$, $C(0,5) = 1.3067 \times 10^{-8}$, $C(6,0) = 2.8035 \times 10^{-10}$,
 $C(4,2) = 3.4683 \times 10^{-10}$, $C(2,4) = -1.3292 \times 10^{-10}$, $C(0,6) = -2.0390 \times 10^{-11}$,
 $C(6,1) = -3.3381 \times 10^{-12}$, $C(4,3) = -3.4655 \times 10^{-12}$, $C(2,5) = -3.8662 \times 10^{-13}$,
 $C(0,7) = -8.7432 \times 10^{-14}$, $C(8,0) = -8.3643 \times 10^{-15}$, $C(6,2) = 1.4199 \times 10^{-14}$,
 $C(4,4) = 9.4337 \times 10^{-15}$, $C(2,6) = 1.6420 \times 10^{-15}$, $C(0,8) = 2.7475 \times 10^{-16}$

【0102】

〔評価物点(x,y)…パネル表示面(I1)側の物高(mm)〕

$P1: (0.000, 0.000)$, $P2: (0.000, 4.600)$, $P3: (0.000, -4.600)$,
 $P4: (3.850, 4.600)$, $P5: (3.850, 0.000)$, $P6: (3.850, -4.600)$,
 $P7: (7.700, 4.600)$, $P8: (7.700, 0.000)$, $P9: (7.700, -4.600)$

【0103】

【表1】

〔条件式対応値等〕

実 施 例	条件式(1,1a,1b)			条件式(2,2a,3)				条件式(4,5)			
	L_a [mm]	L_b [mm]	$\frac{L_a}{L_b}$	S_a [mm]	T [mm]	θ [°]	$\frac{S_a}{T \times \theta}$	θ_0 [°]	S_1 [mm]	S_m [mm]	S_1 S_m
1	60.3	159.7	0.379	80.605	220	28	0.00984	-	-	-	-
2	123	107	1.150	41.573	230	34	0.00532	-	-	-	-
3	170.3	53.7	2.853	30.730	230	40	0.00334	-	-	-	-
4	70	99.9	0.701	32.632	199.4	38	0.00431	56.4	205.0	150.4	1.36
5	167.2	72.8	2.297	34.575	240	40	0.00360	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-	-	60.0	193.0	134.4	1.44
7	-	-	-	-	-	-	-	61.1	220.3	145.1	1.52

【0104】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、投影光学系に特徴的な反射面配置が採用されているため、3板式の照明系をコンパクトに搭載することが可能な薄型で高性能のリアプロジェクション光学系を実現することができる。そして、これをリアプロジェクション装置に適用すれば、当該装置の薄型・コンパクト化、高性能化及び低コスト化に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図4】第4の実施の形態(実施例4)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図5】第5の実施の形態(実施例5)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図6】第6の実施の形態(実施例6)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図7】第7の実施の形態(実施例7)の光学配置、投影光路等を示す光学構成図。

【図8】実施例1のスポットダイアグラム。

【図9】実施例2のスポットダイアグラム。

【図10】実施例3のスポットダイアグラム。

【図1 1】実施例4のスポットダイアグラム。
 【図1 2】実施例5のスポットダイアグラム。
 【図1 3】実施例6のスポットダイアグラム。
 【図1 4】実施例7のスポットダイアグラム。
 【図1 5】実施例1の歪曲図。
 【図1 6】実施例2の歪曲図。
 【図1 7】実施例3の歪曲図。
 【図1 8】実施例4の歪曲図。
 【図1 9】実施例5の歪曲図。
 【図2 0】実施例6の歪曲図。
 【図2 1】実施例7の歪曲図。
 【図2 2】3板式の照明系等が搭載された第1の実施の形態(実施例1)を示す光学構成図。
 【図2 3】別タイプの3板式の照明系等が搭載された第1の実施の形態(実施例1)を示す光学構成図。
 【図2 4】3板式の照明系等が搭載された第5の実施の形態(実施例5)を示す光学構成図。
 【図2 5】条件式(1)等を満たした光学配置を説明するための第1の実施の形態(実施例1)の光学構成図。
 【図2 6】条件式(1)等を満たした光学配置を説明する

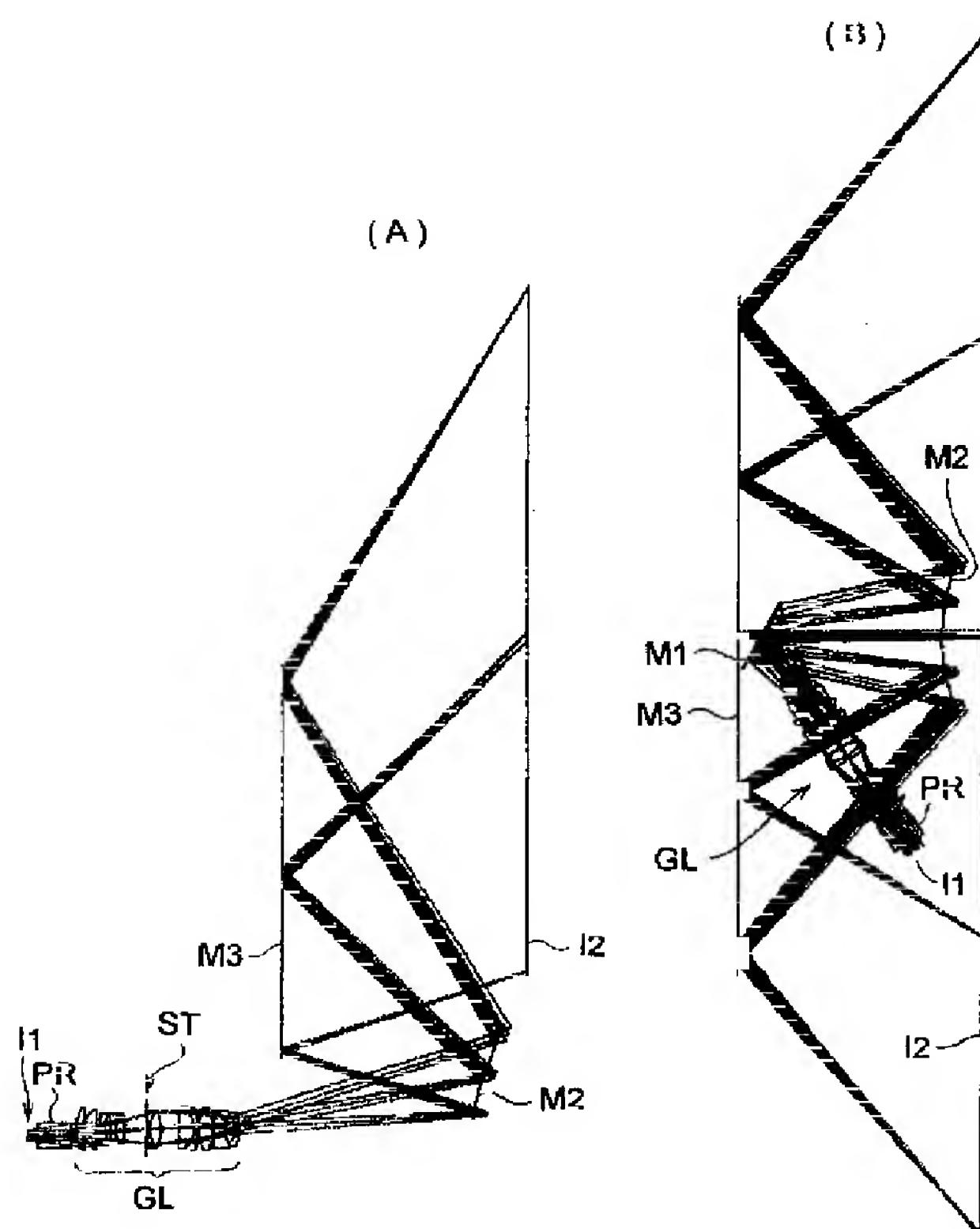
ための第4の実施の形態(実施例4)の光学構成図。

【図2 7】照明系等が配置される空間を説明するための第1の実施の形態(実施例1)の光学構成図。

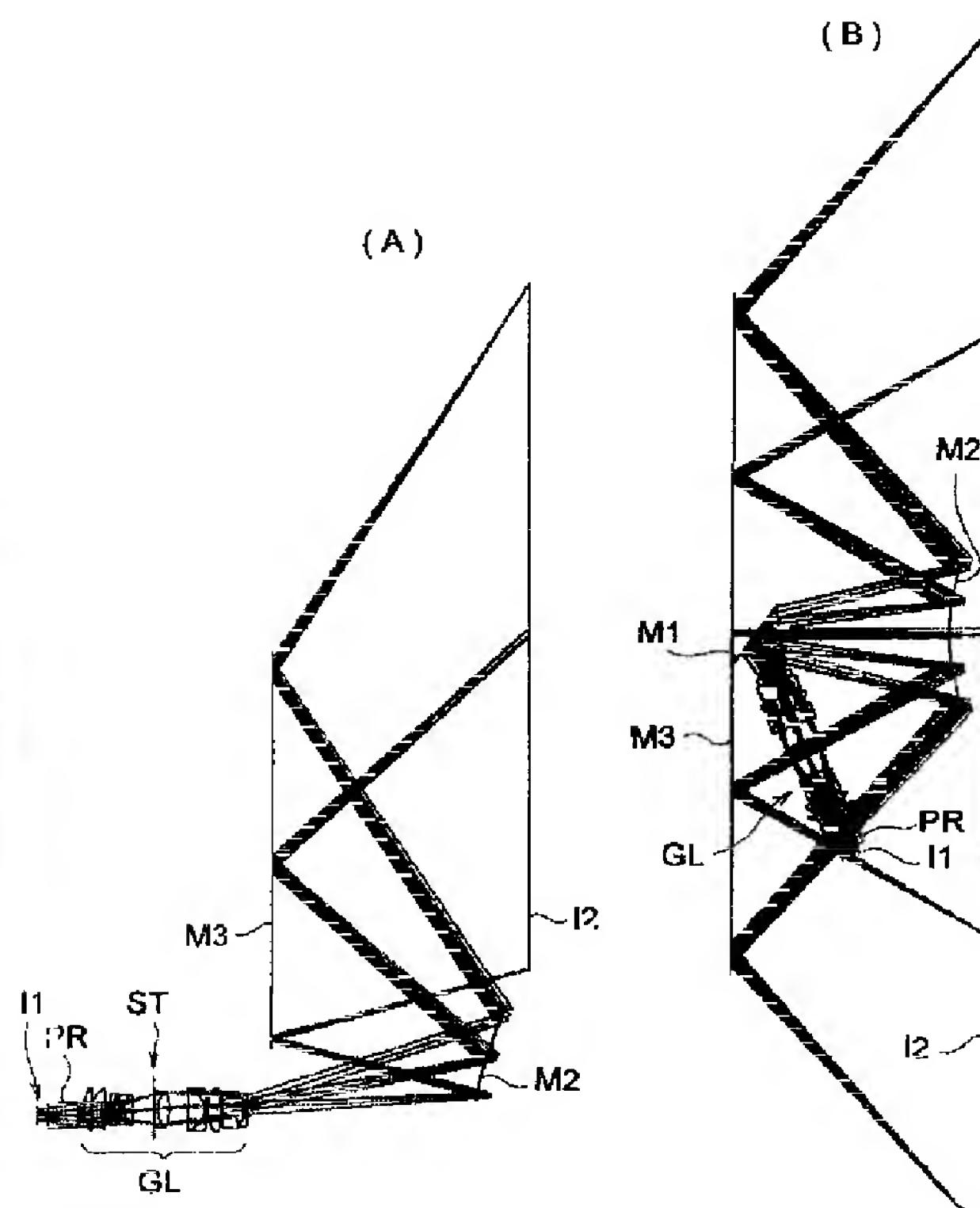
【符号の説明】

LP … 照明光源部
 AXL … ランプ光軸
 DM … ダイクロイックミラー(色分離手段)
 RL … リレー光学系
 CL … コンデンサレンズ
 I1 … パネル表示面(物面, ライトバルブ)
 PR … クロスダイクロイックプリズム(色合成手段)
 GL … 屈折レンズ群
 AXG … 屈折レンズ群の光軸
 ST … 絞り
 M1 … 中折りミラー(中折り反射面)
 M2 … パワーミラー(パワー反射面)
 M2a … 第1パワーミラー(パワー反射面)
 M2b … 第2パワーミラー(パワー反射面)
 M3 … 対向ミラー(対向反射面)
 I2 … スクリーン面(像面)

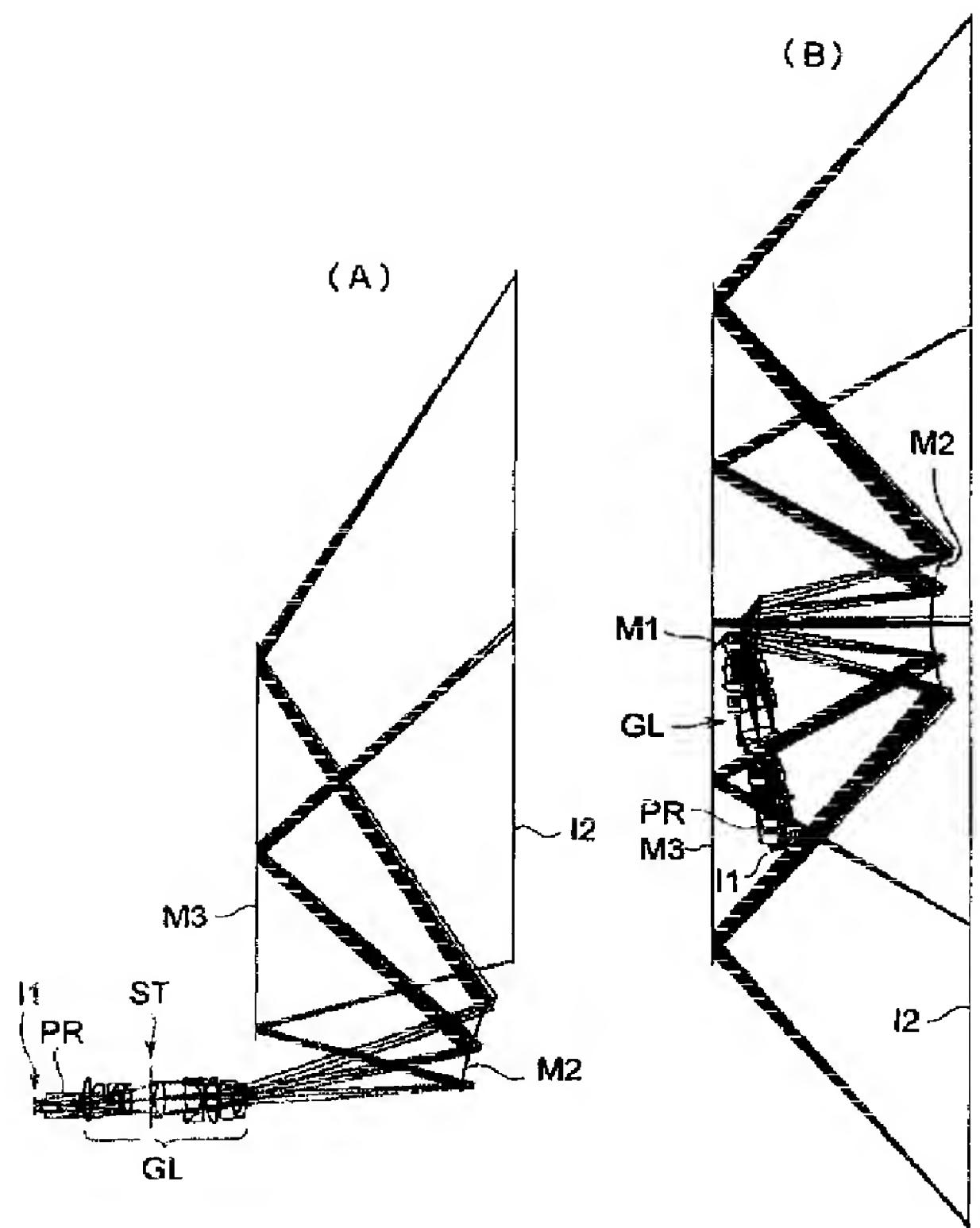
【図1】



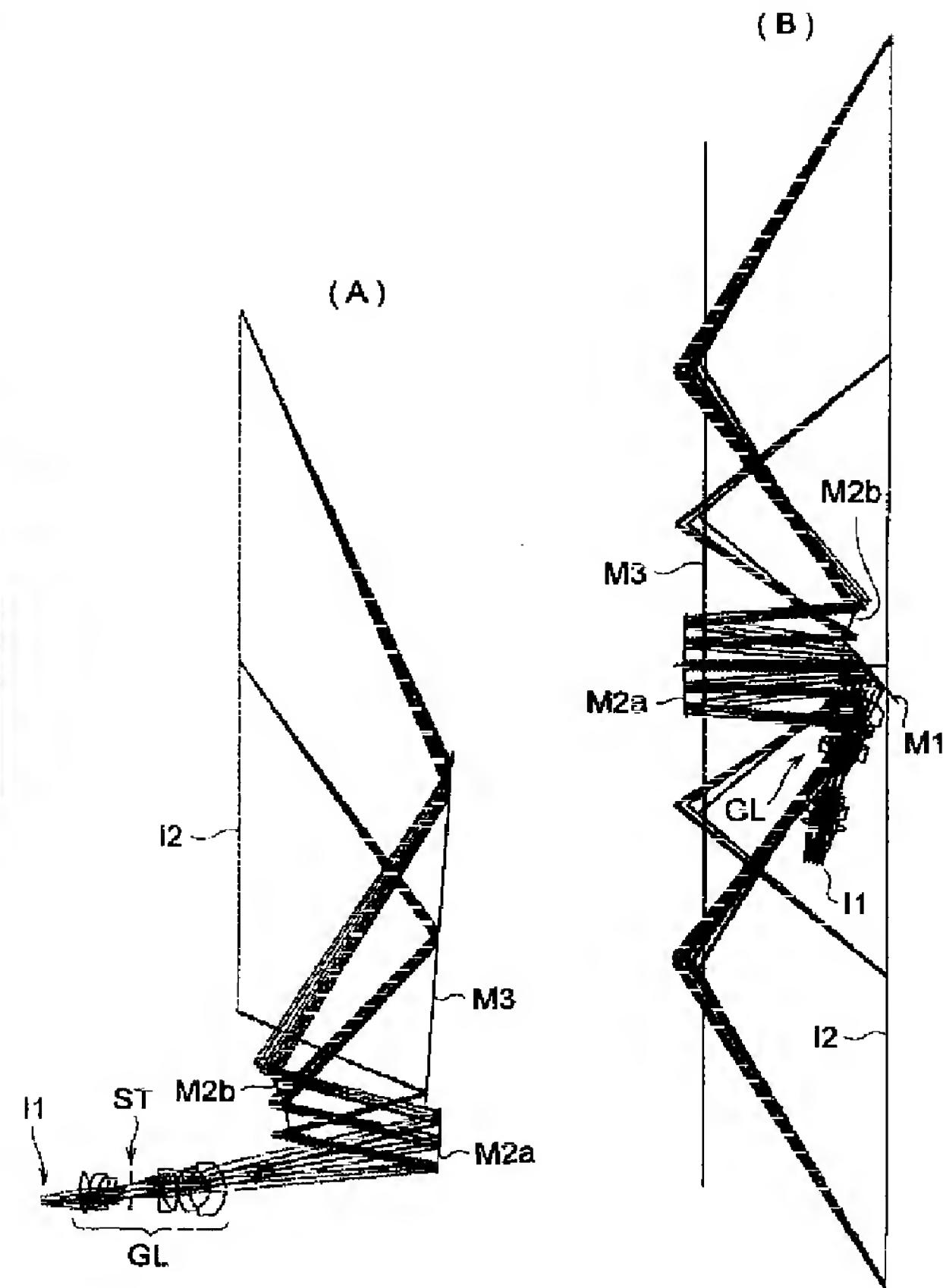
【図2】



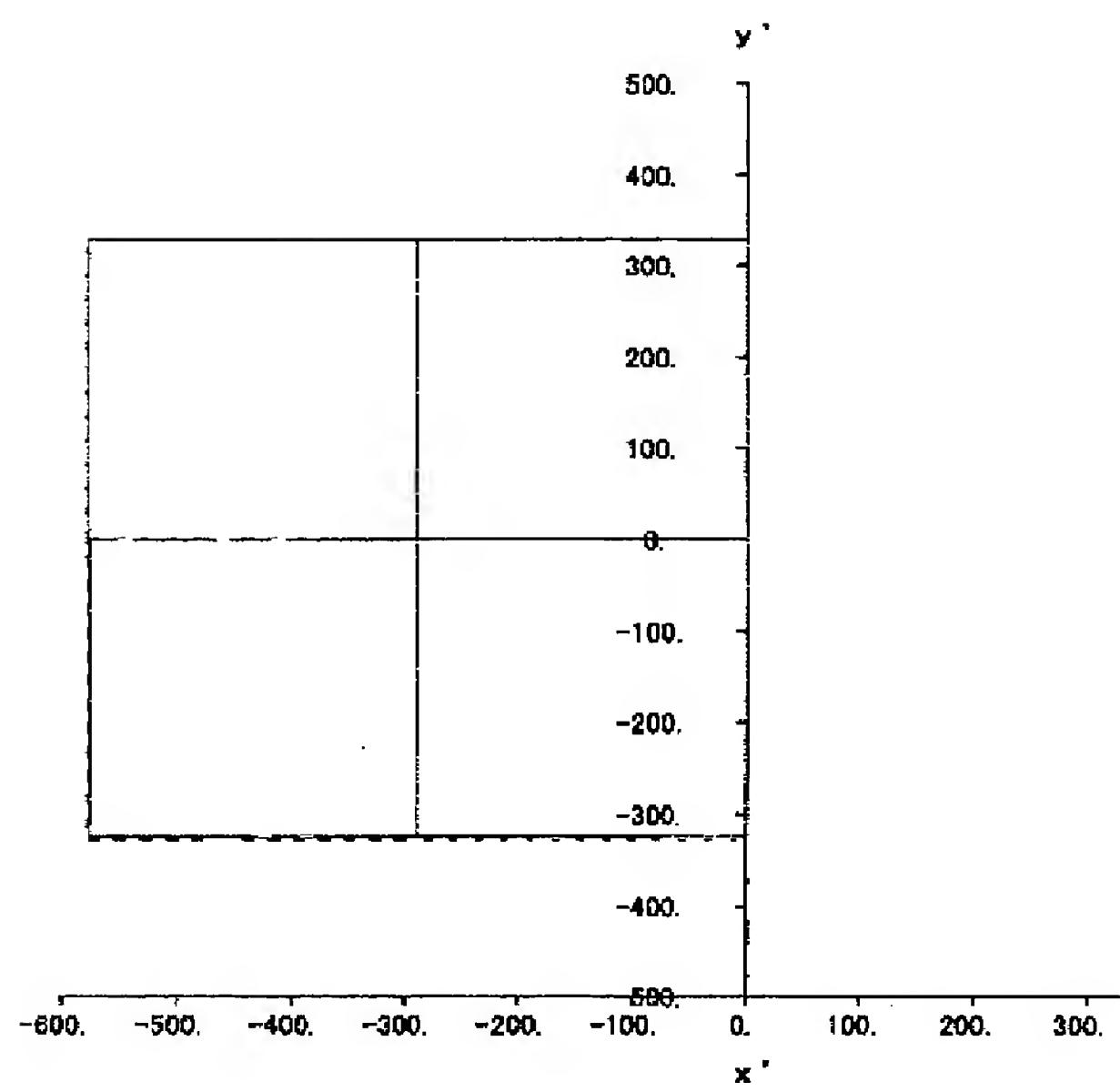
【図3】



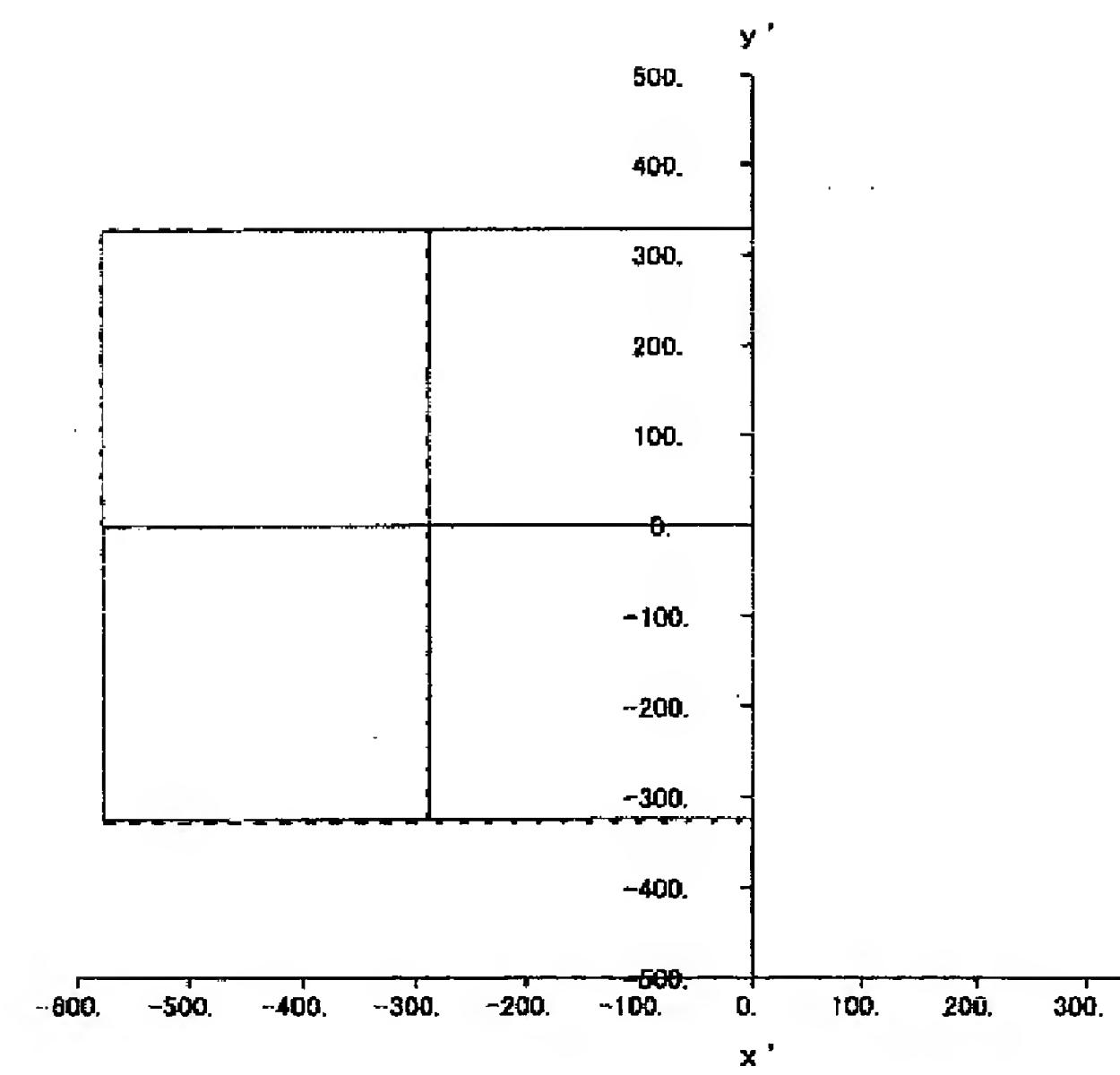
【図4】



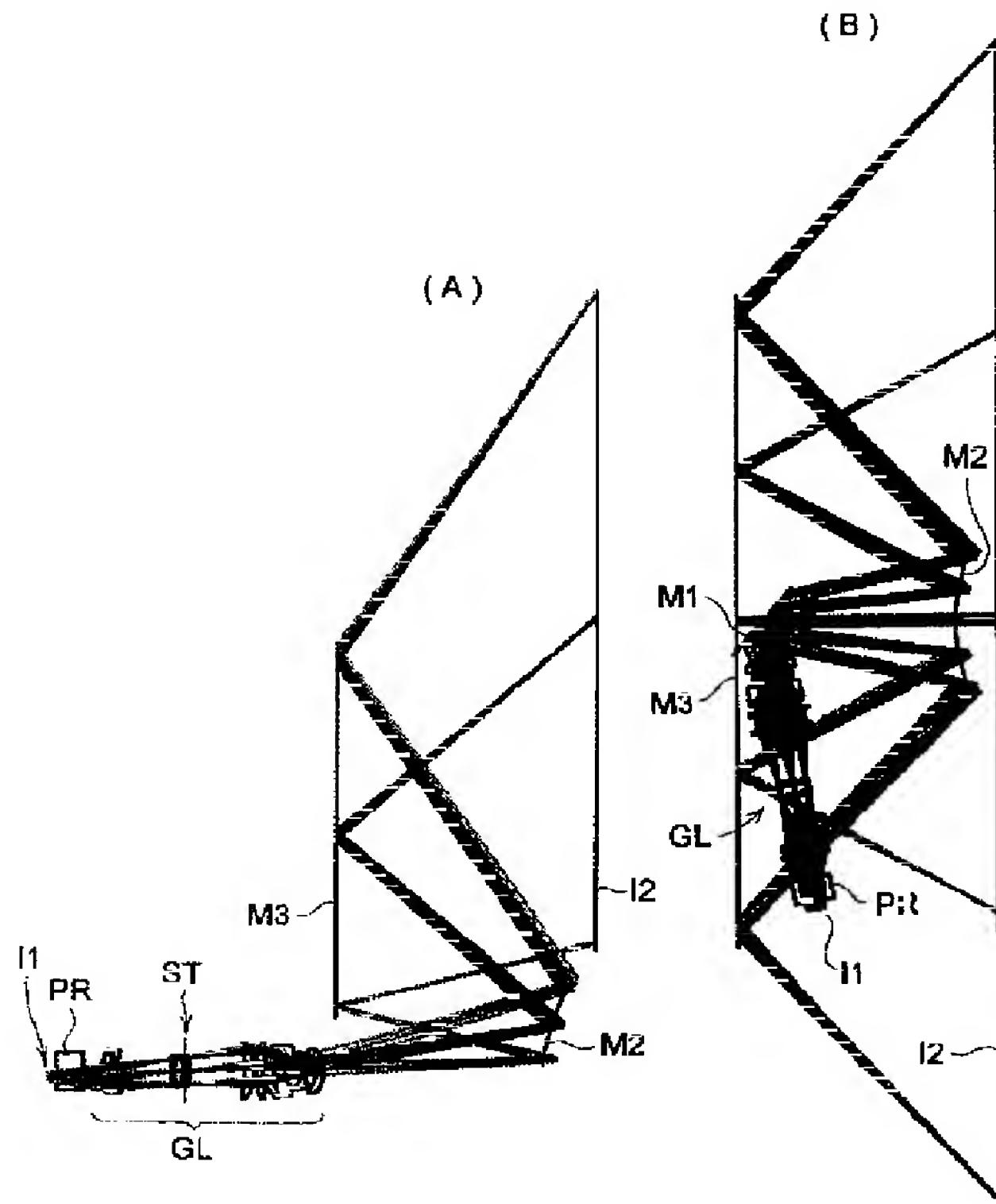
【図15】



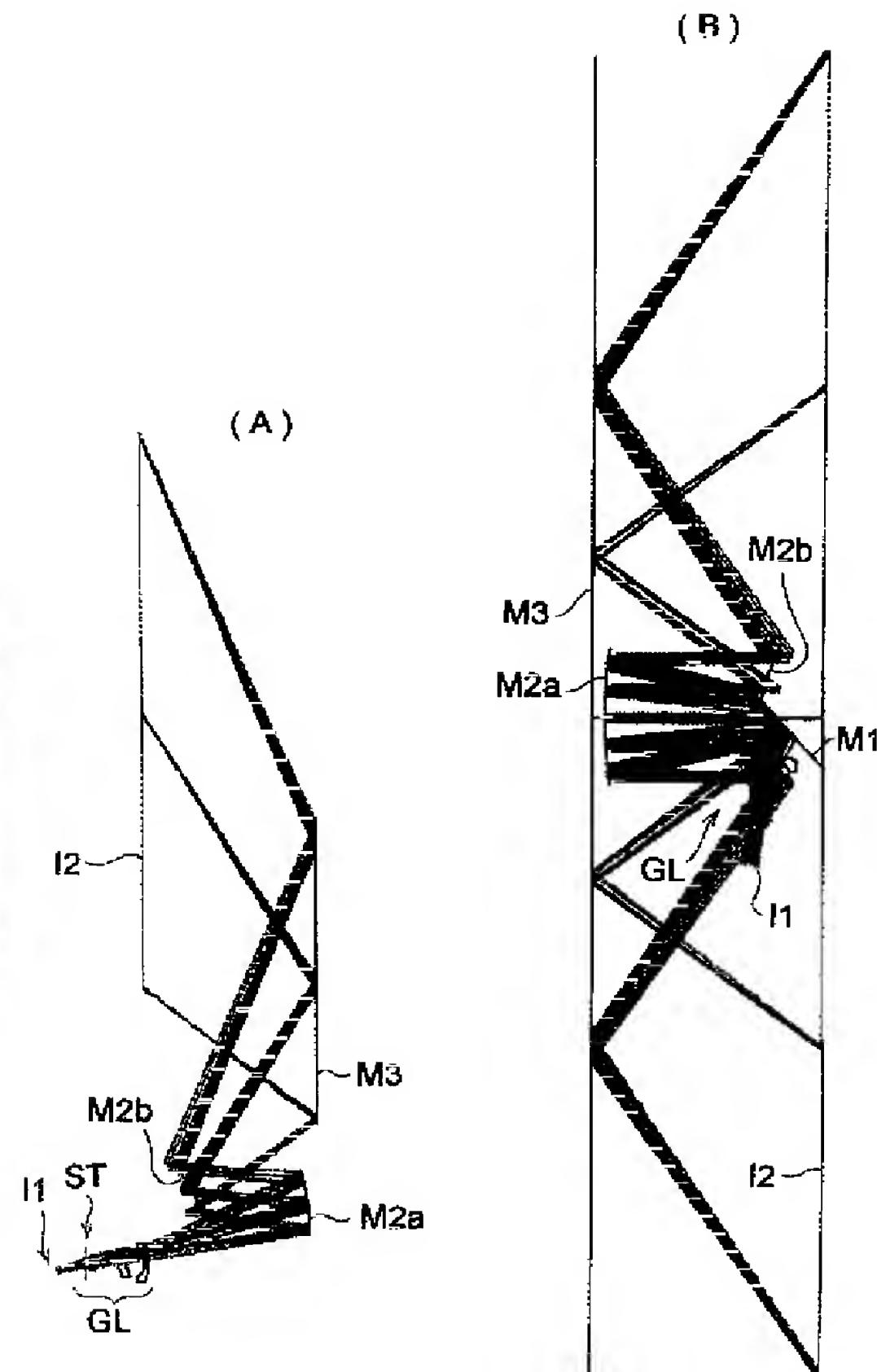
【図16】



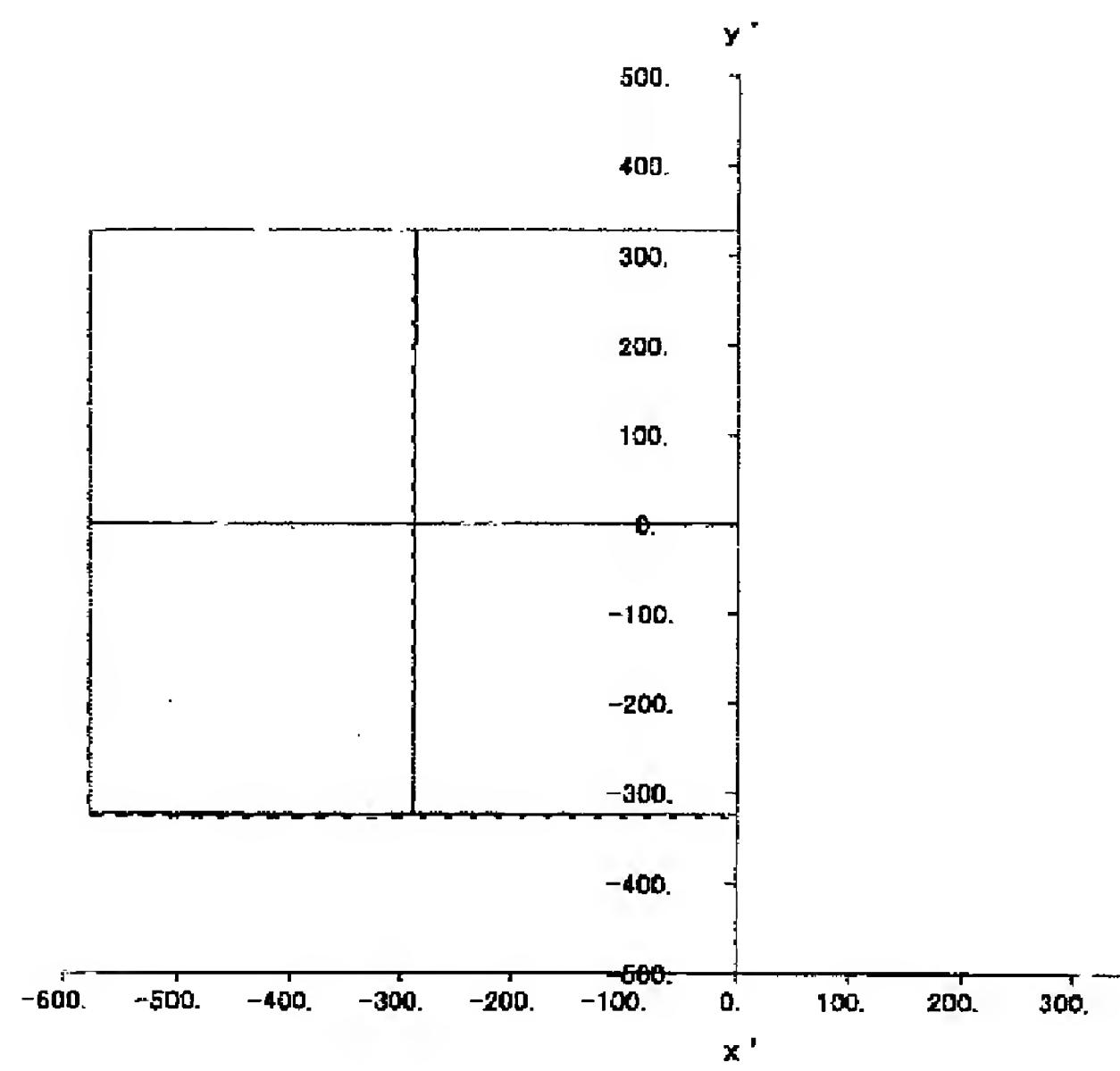
【図5】



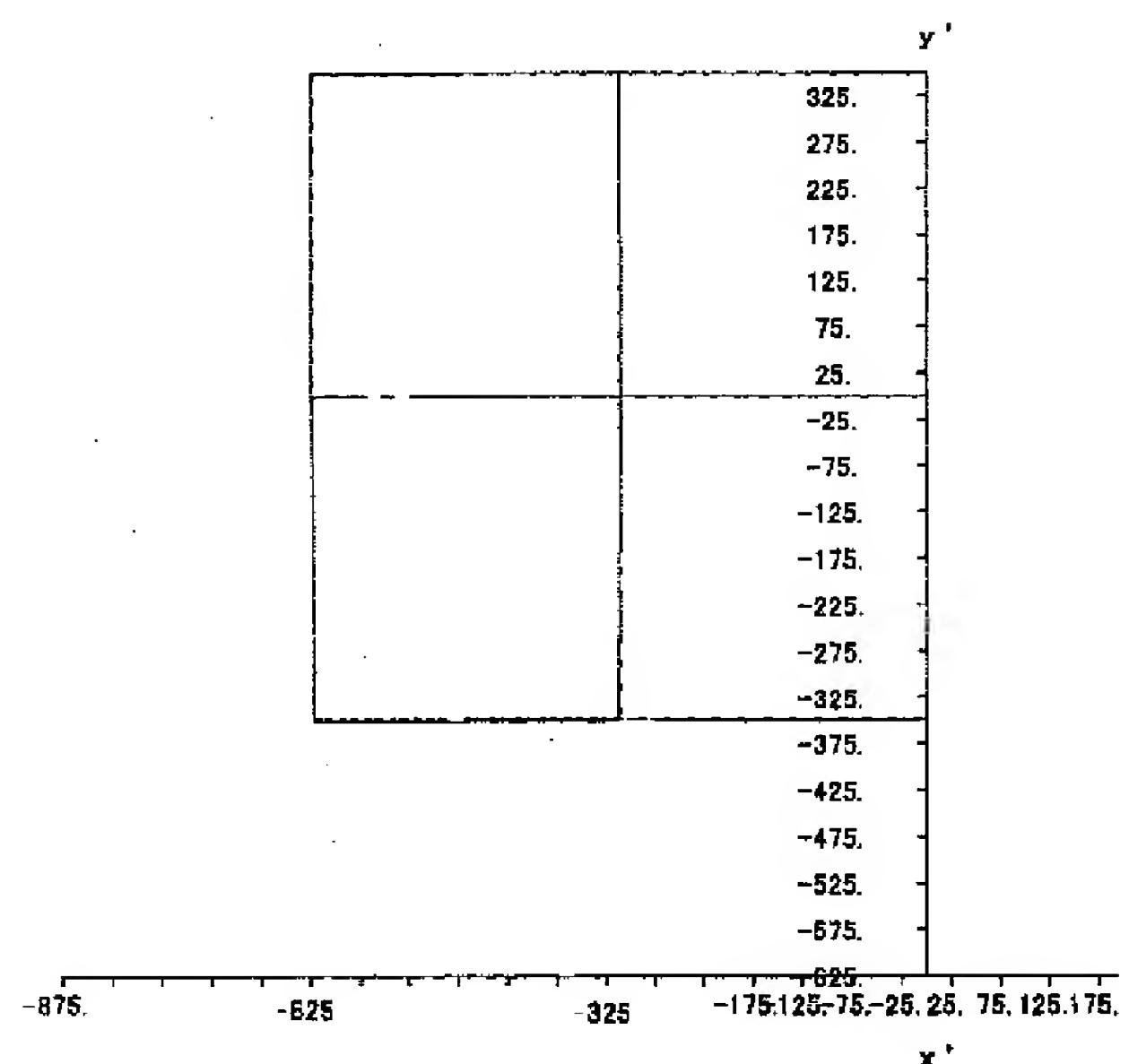
【図6】



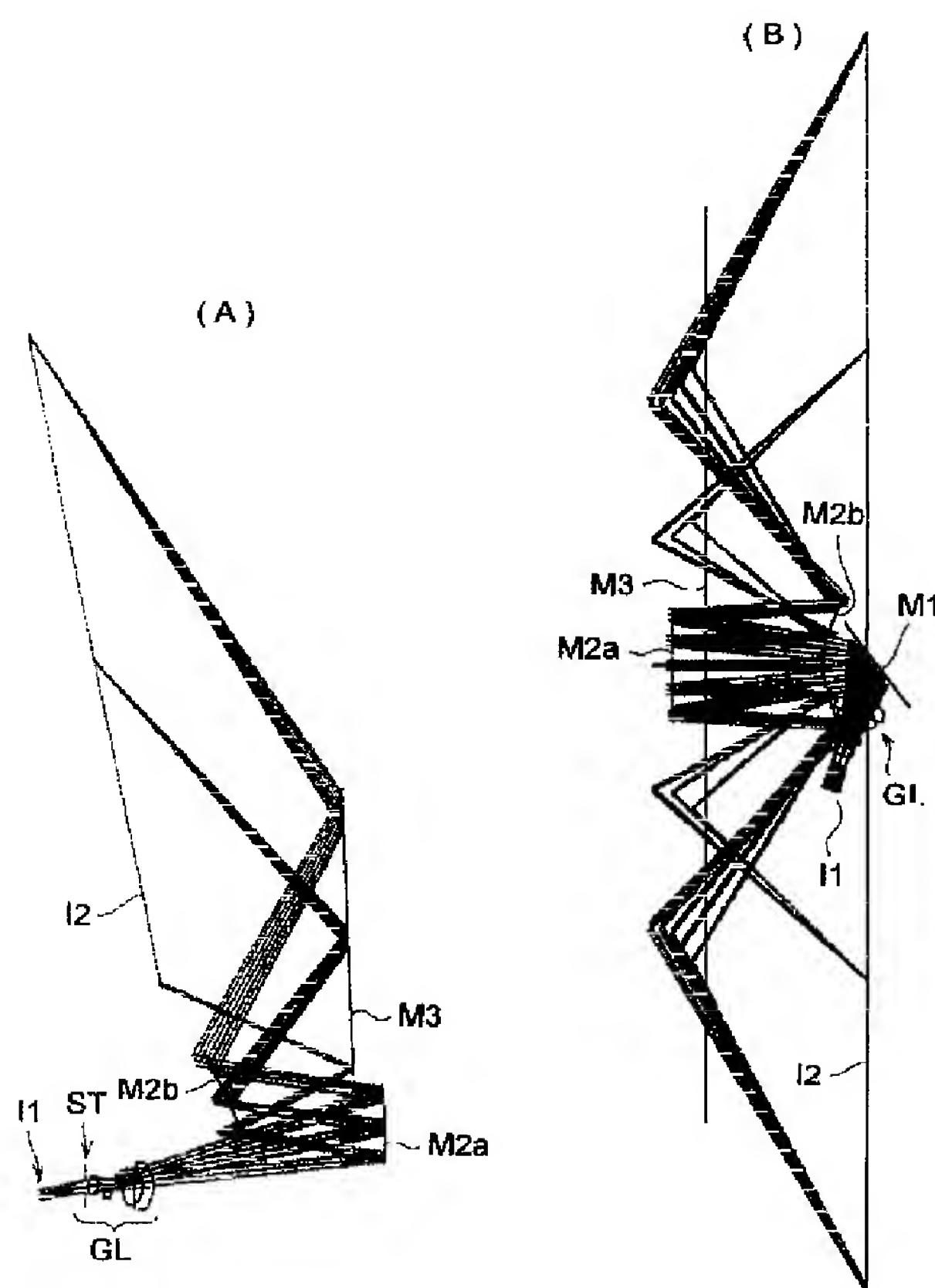
【図17】



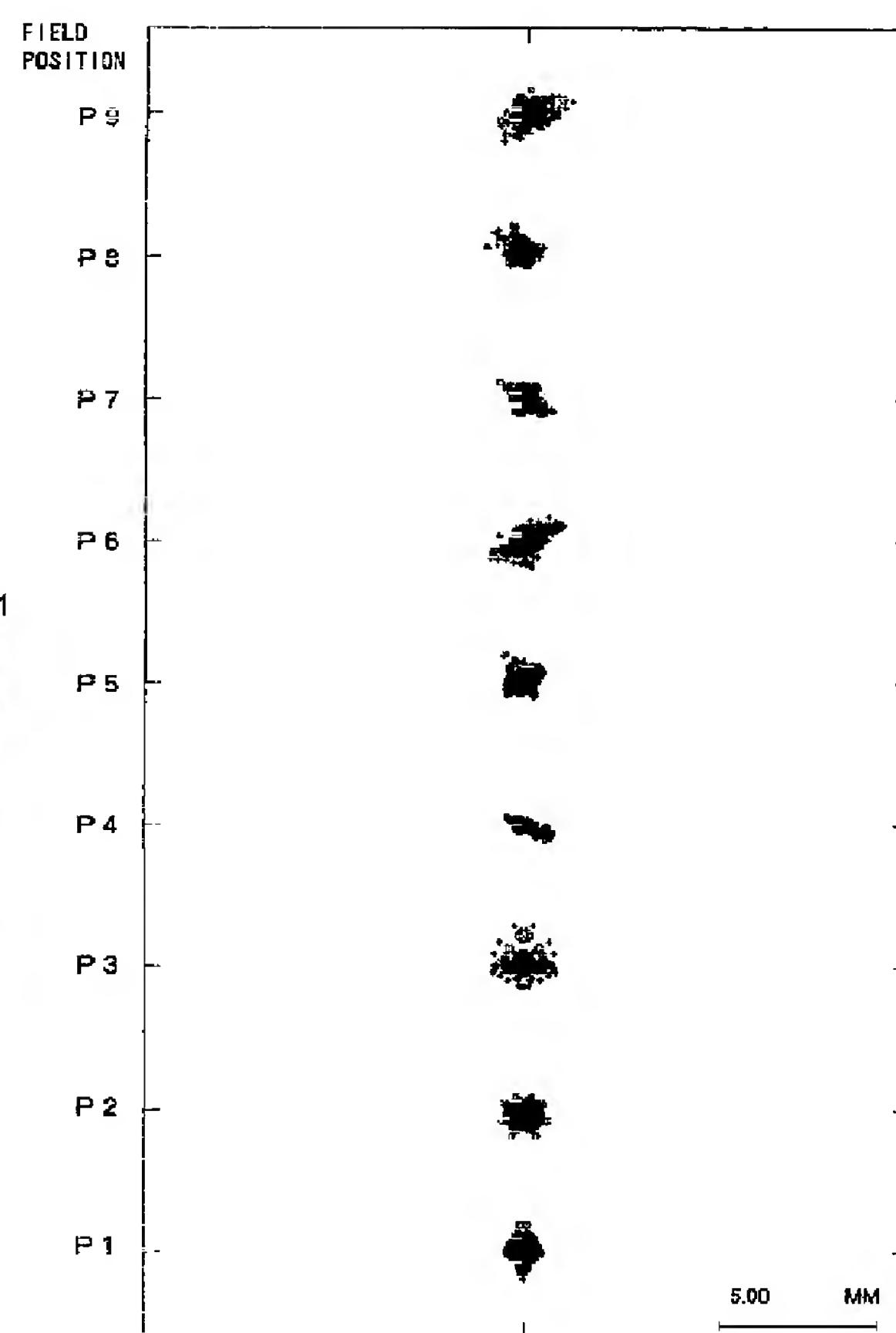
【図18】



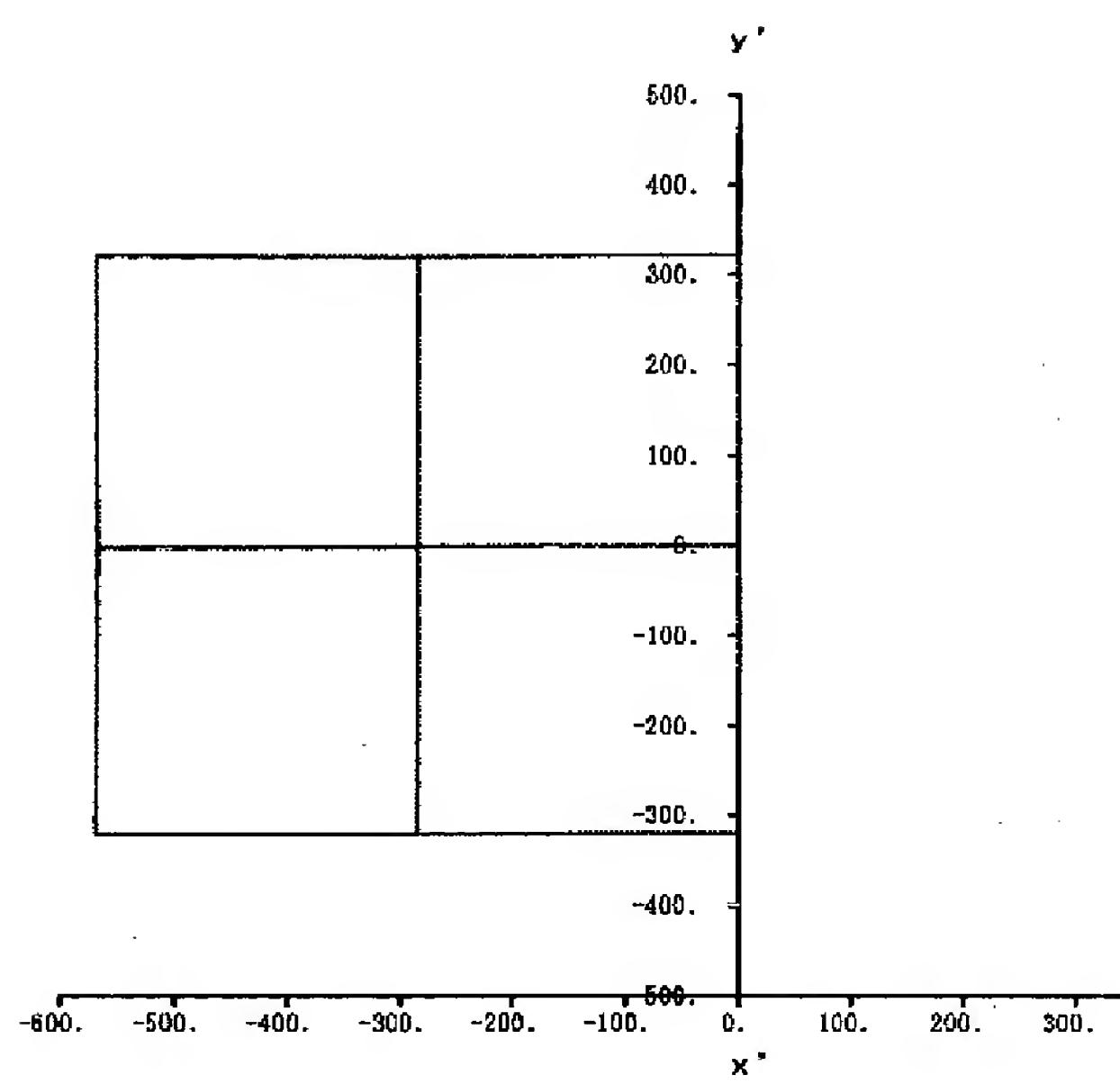
【図7】



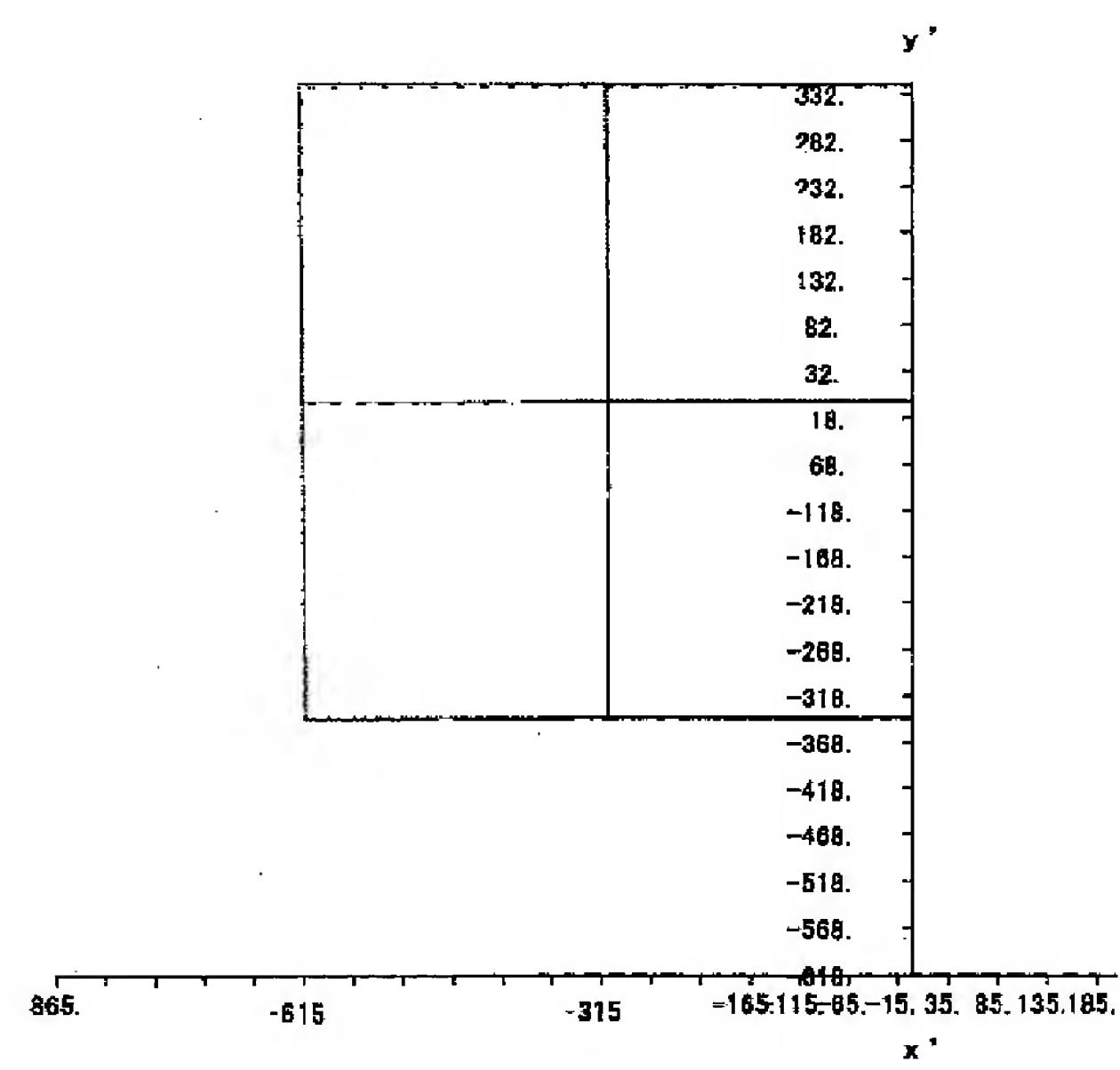
【図8】



【図19】

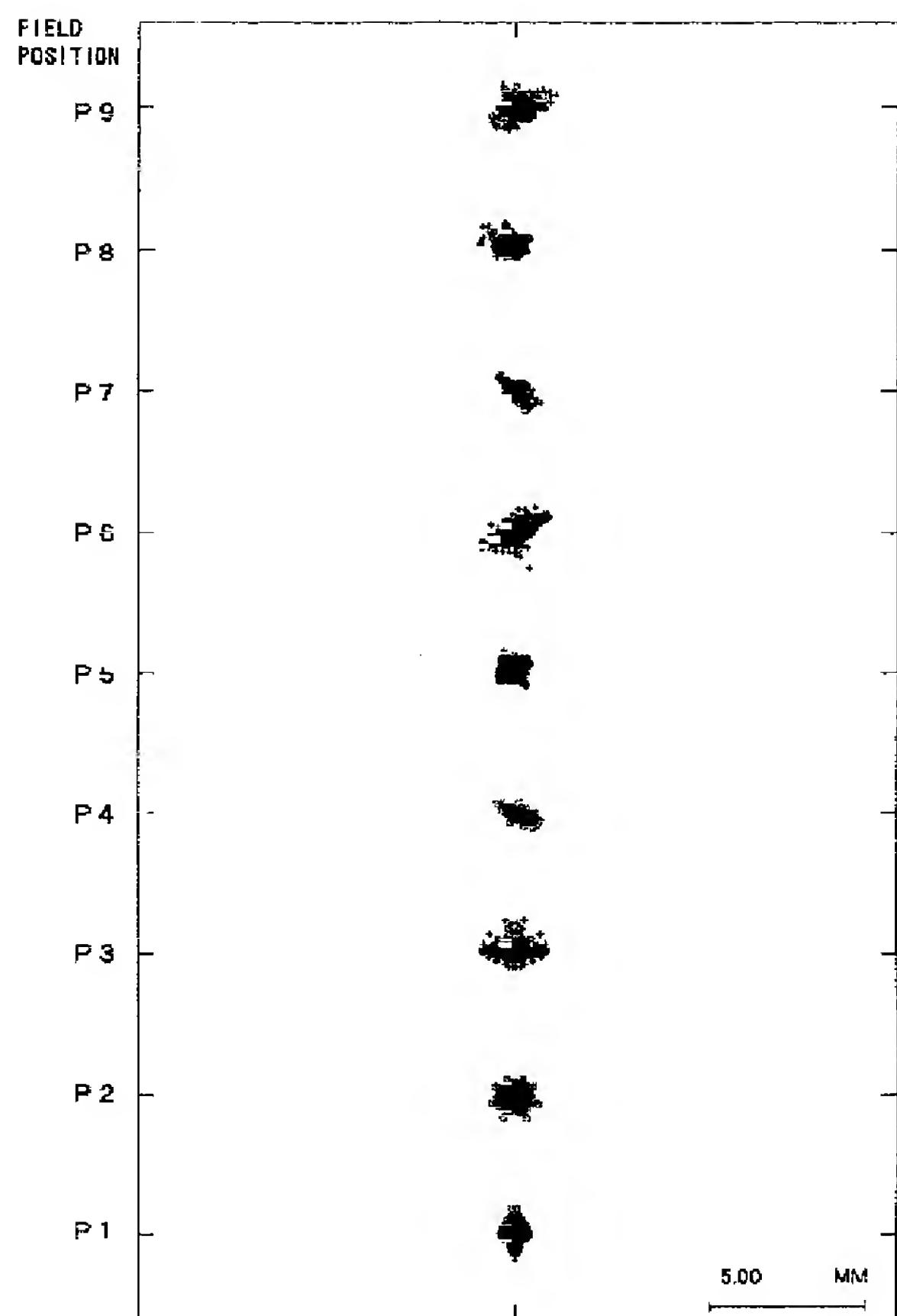


【図20】

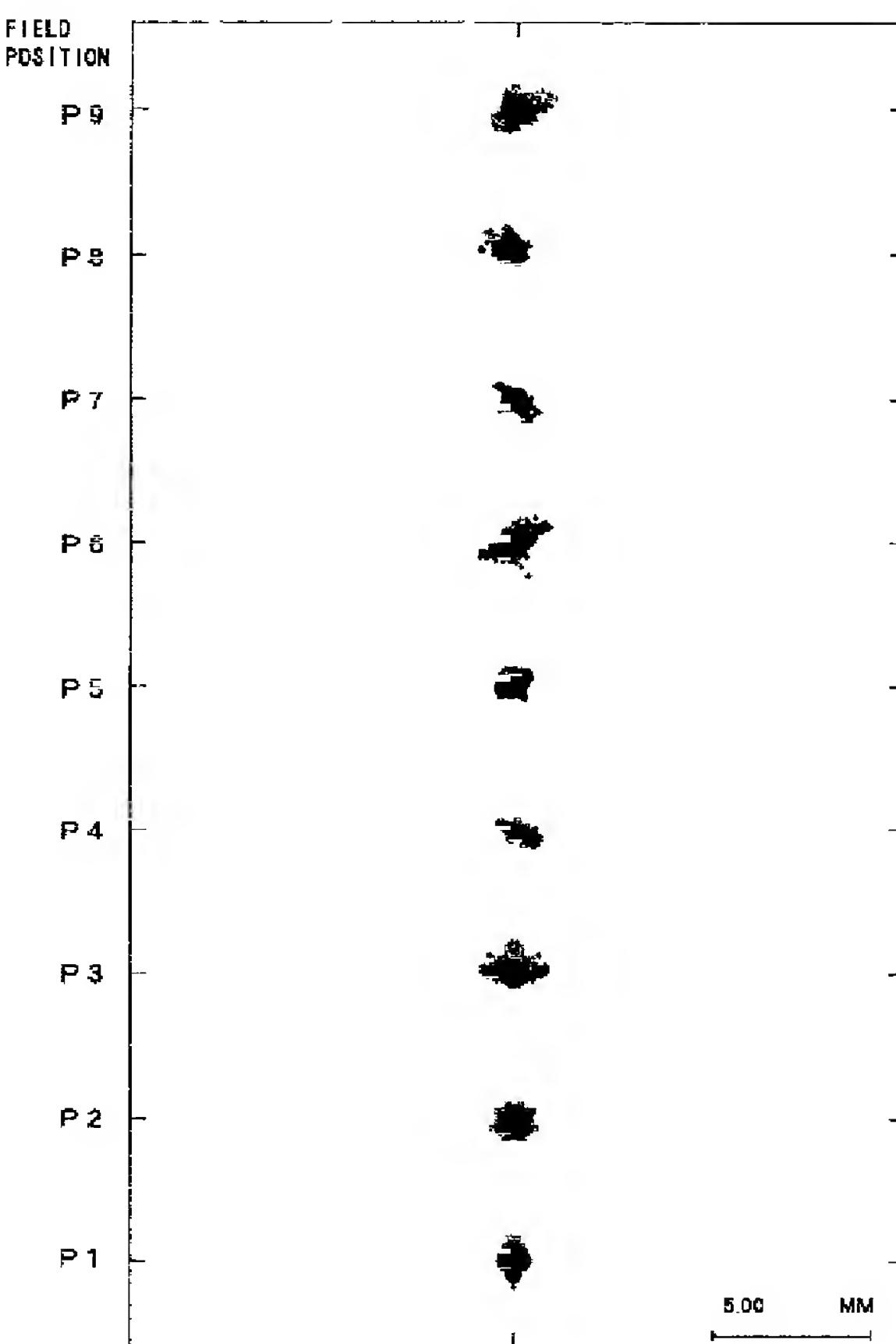


(28) 03-255229 (P 2003-255229A)

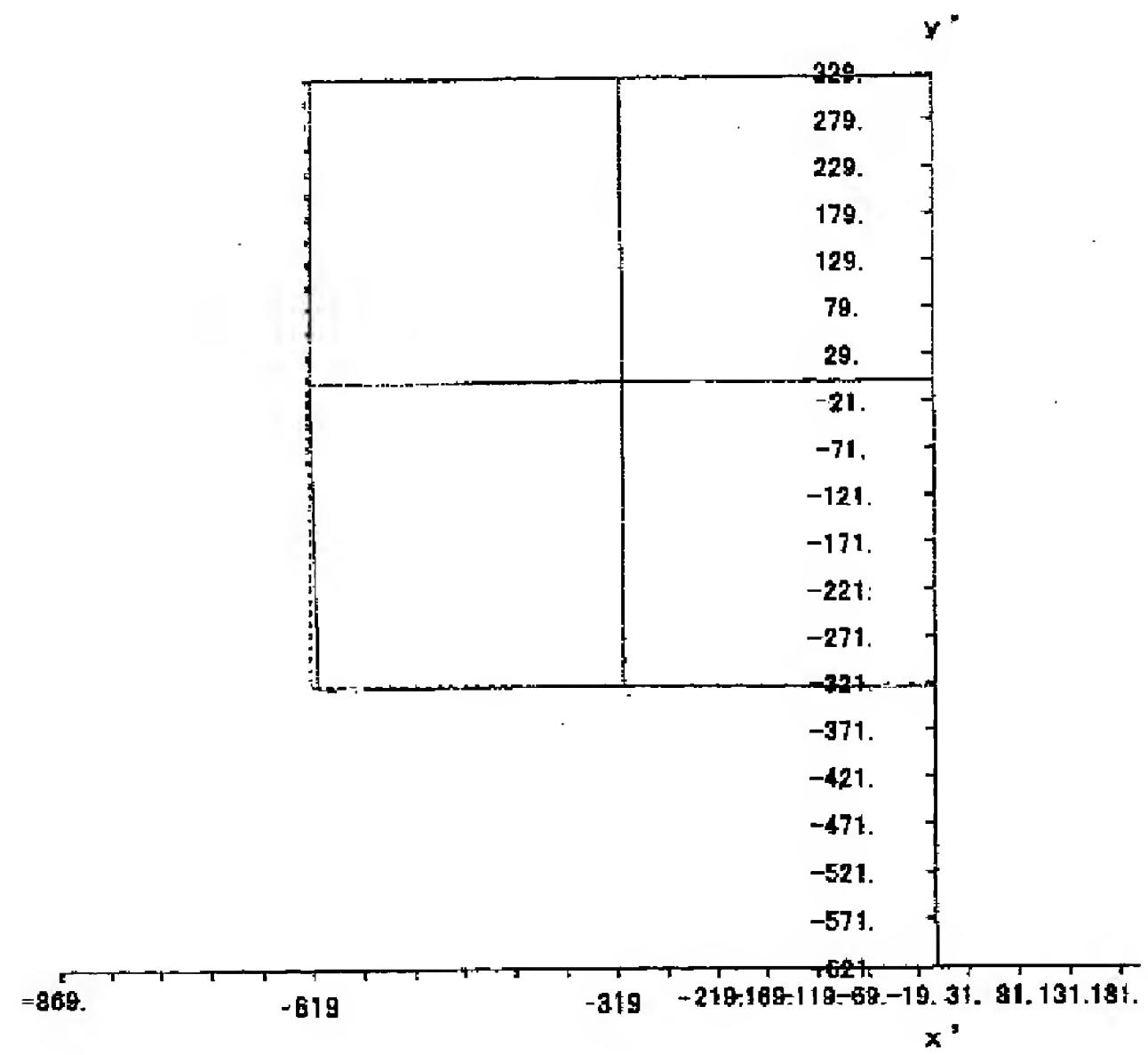
【図9】



【図10】

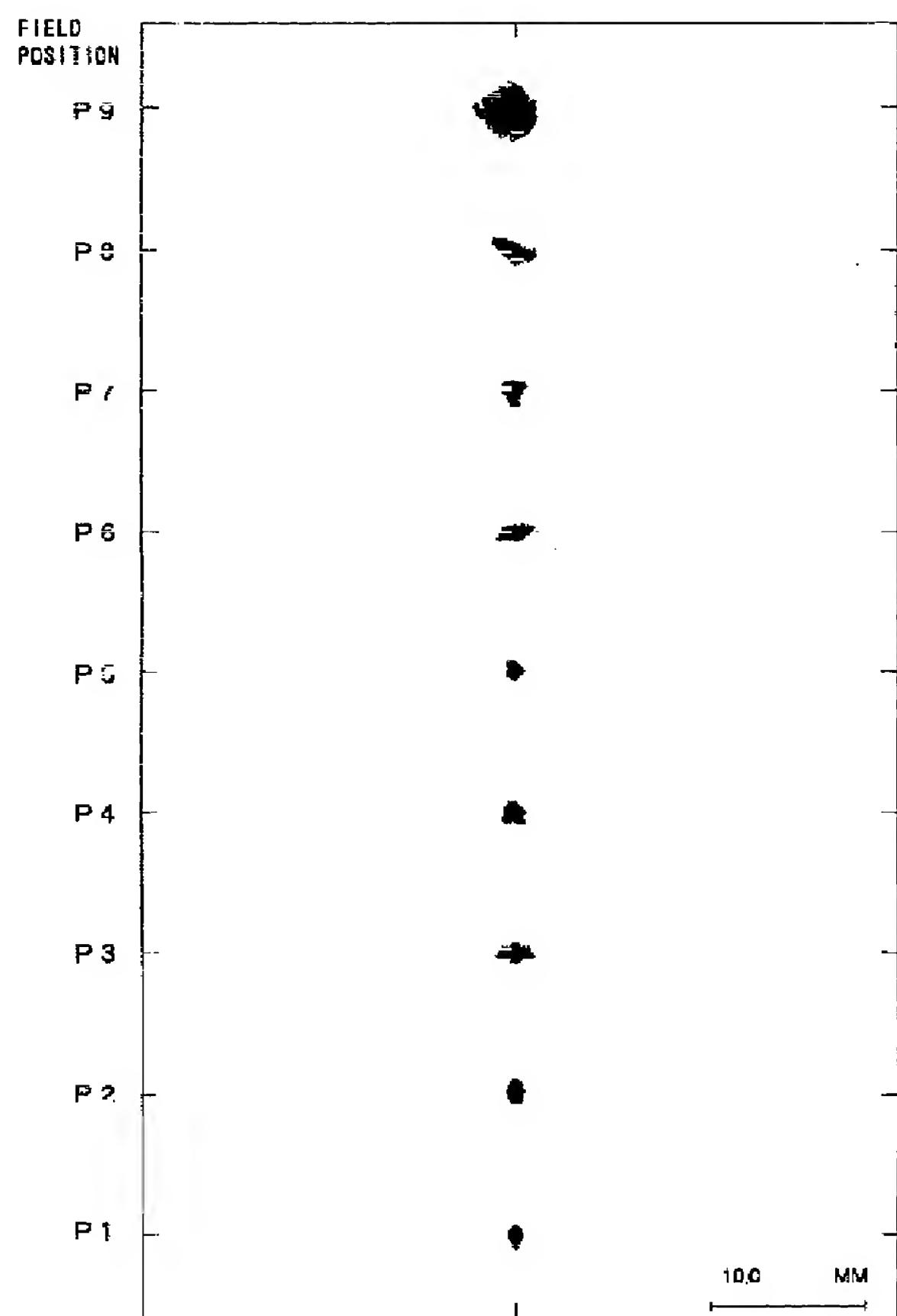


【図21】

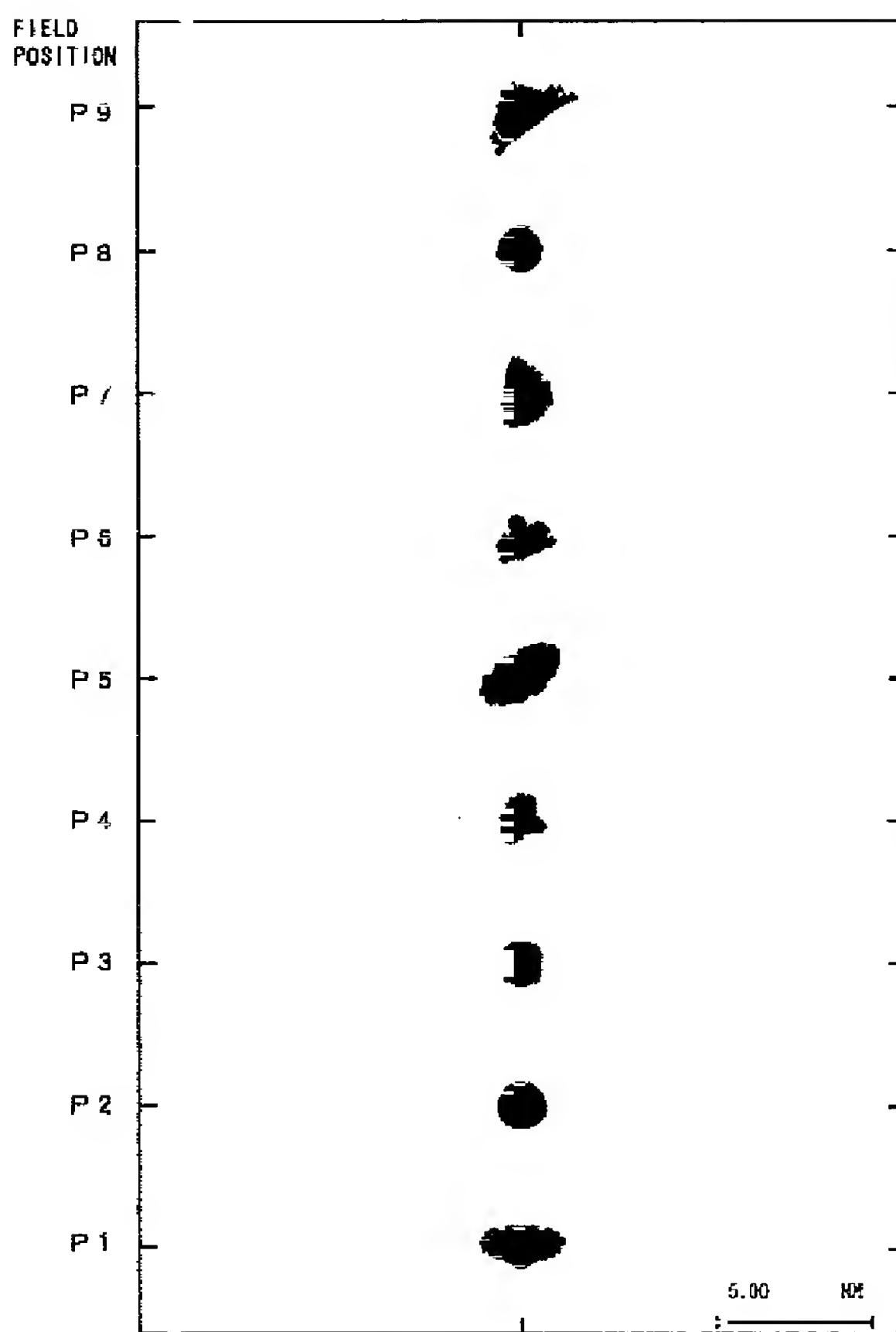


(29) 03-255229 (2003-255229A)

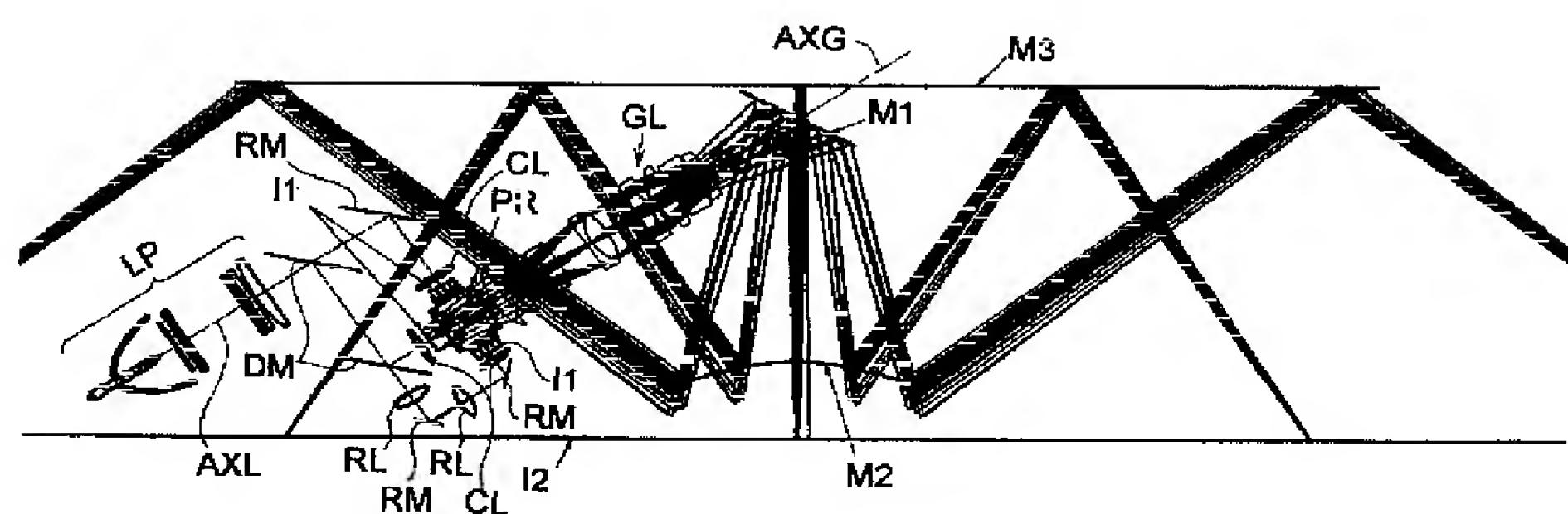
【図11】



【図12】

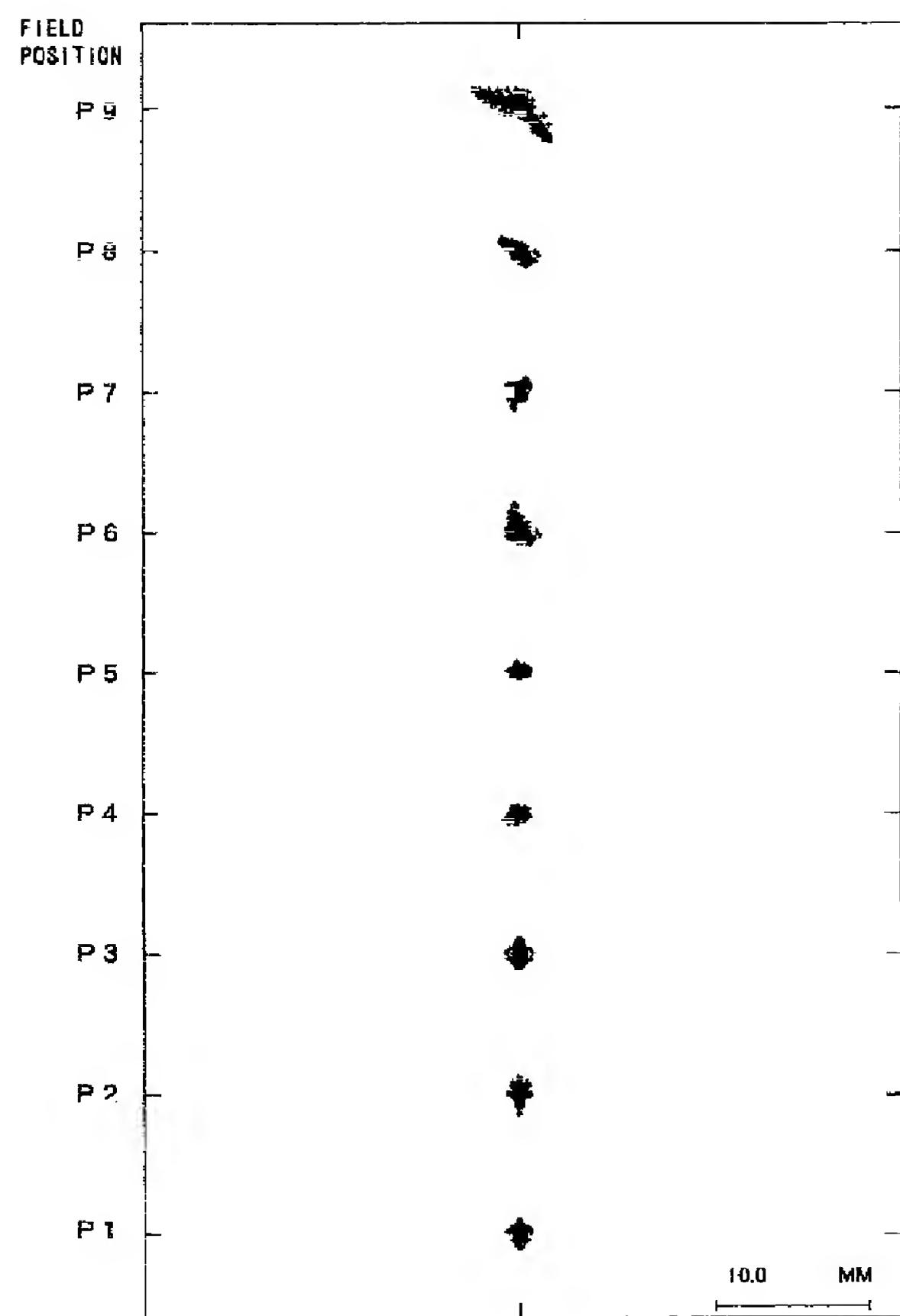


【図22】

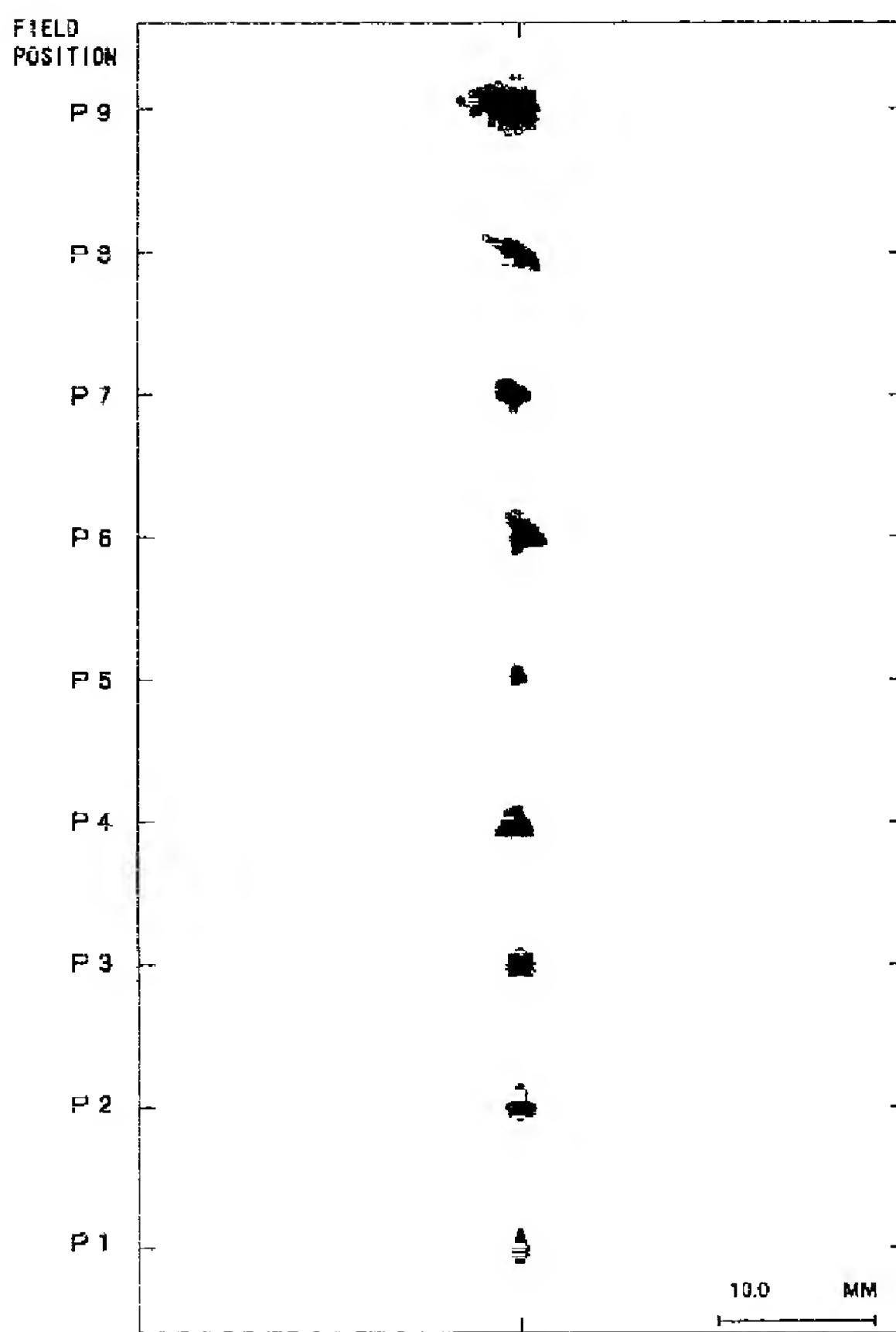


(2003-255229) (2003-255229A)

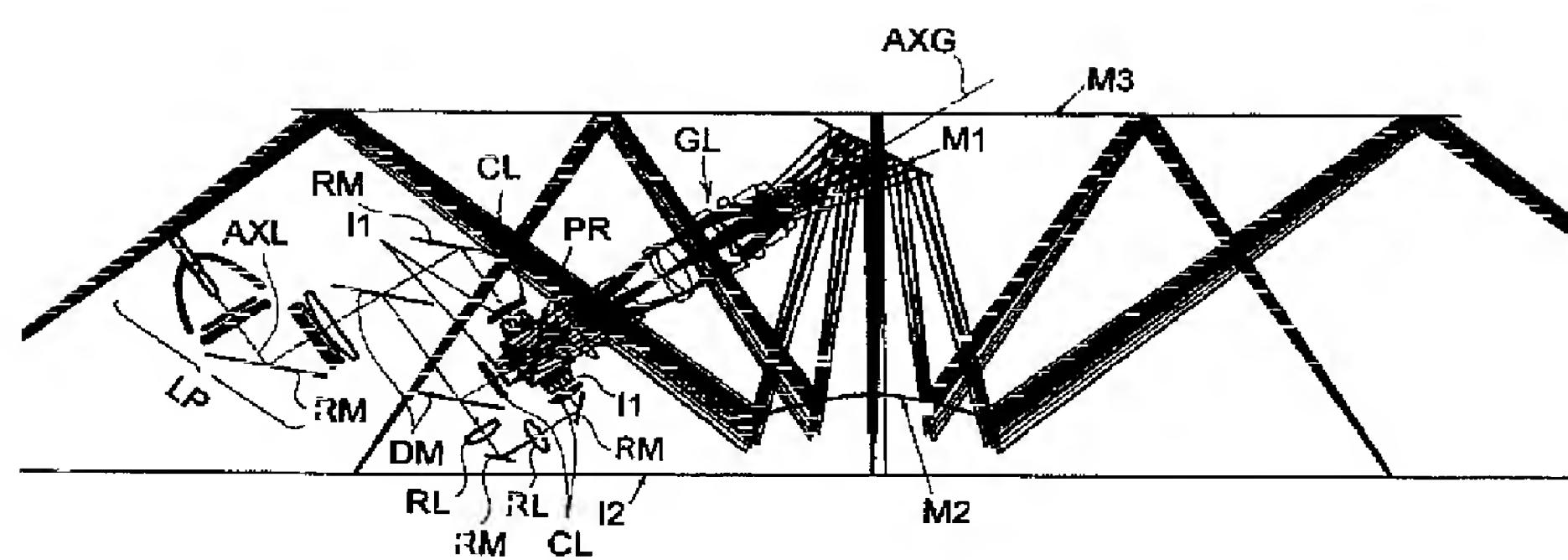
【図13】



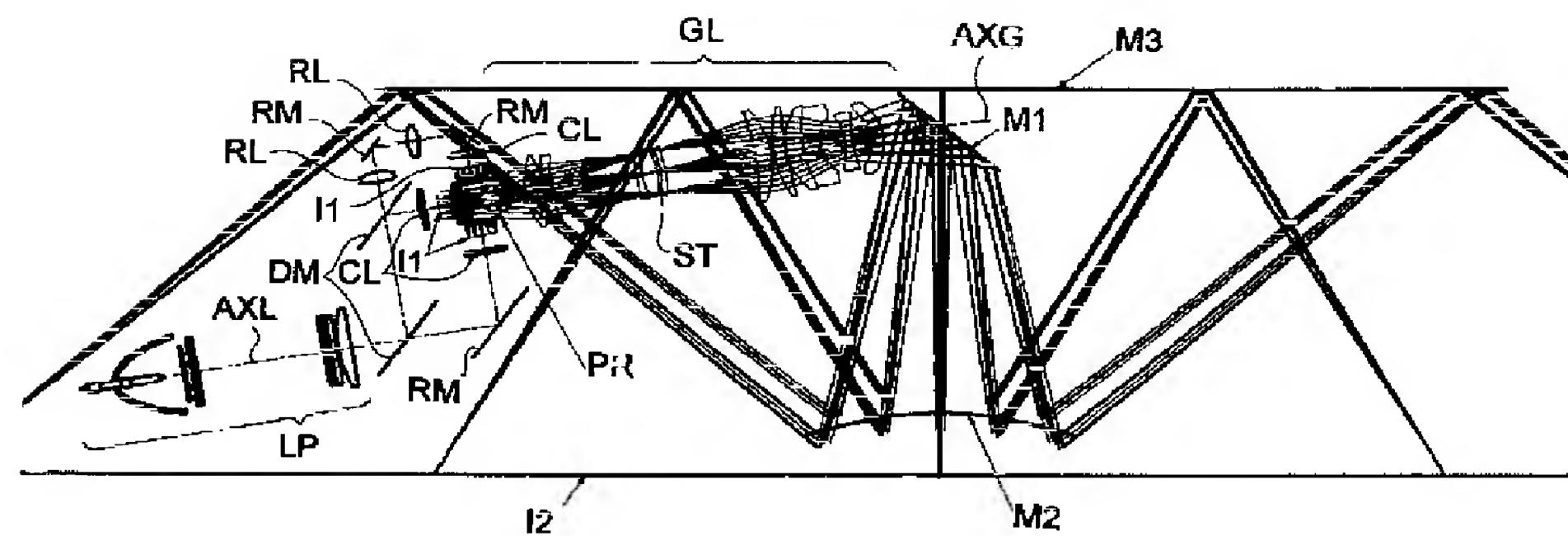
【図14】



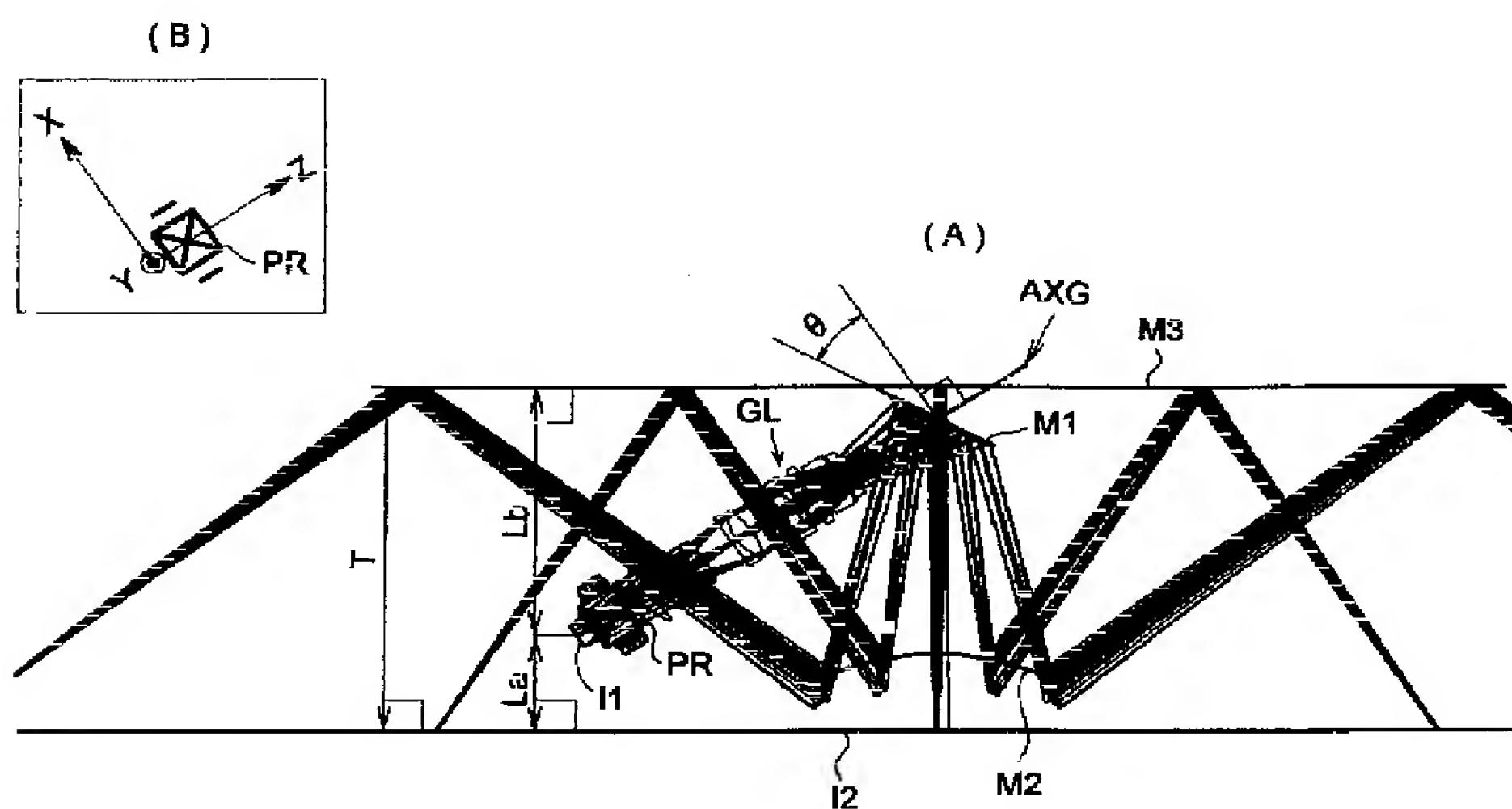
【図23】



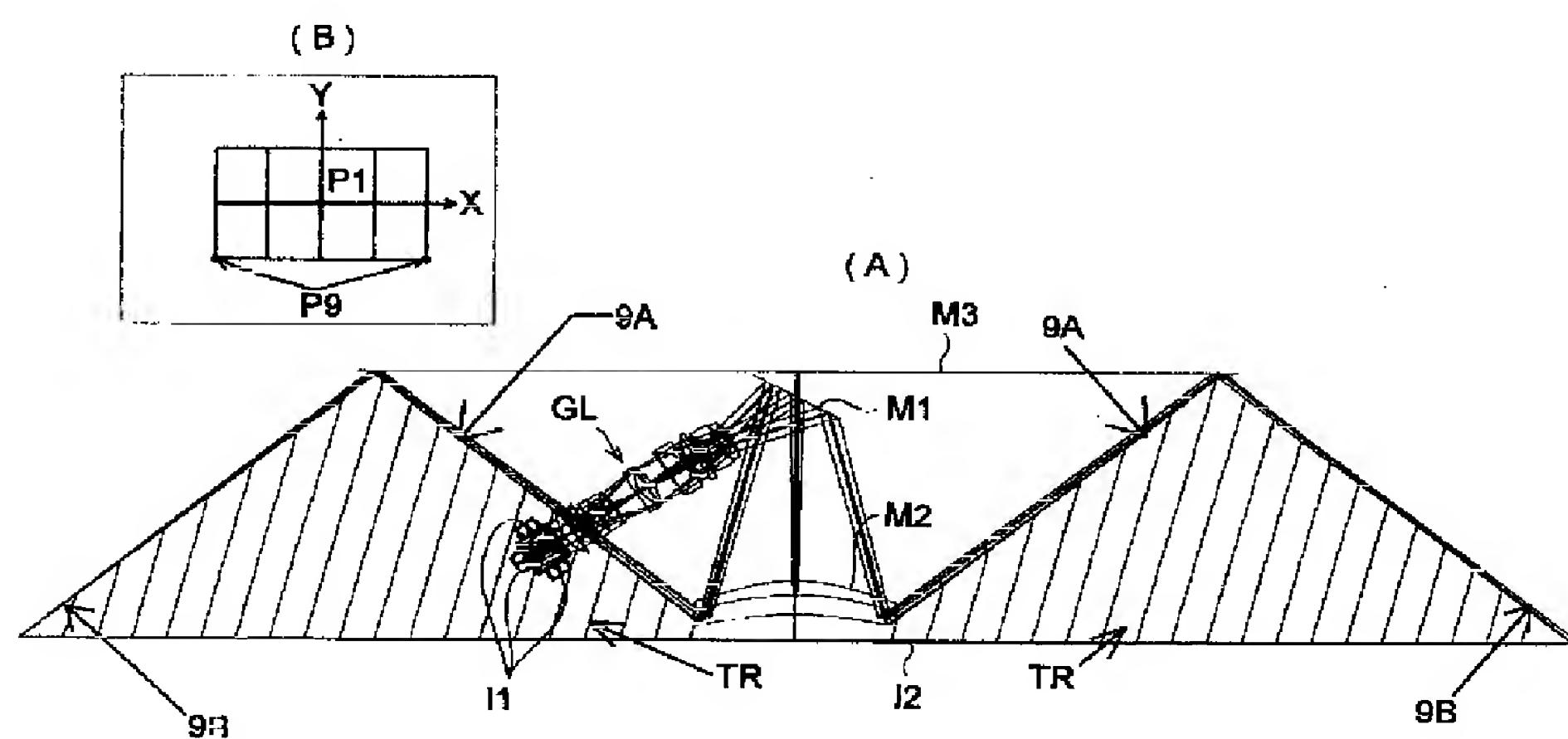
【図24】



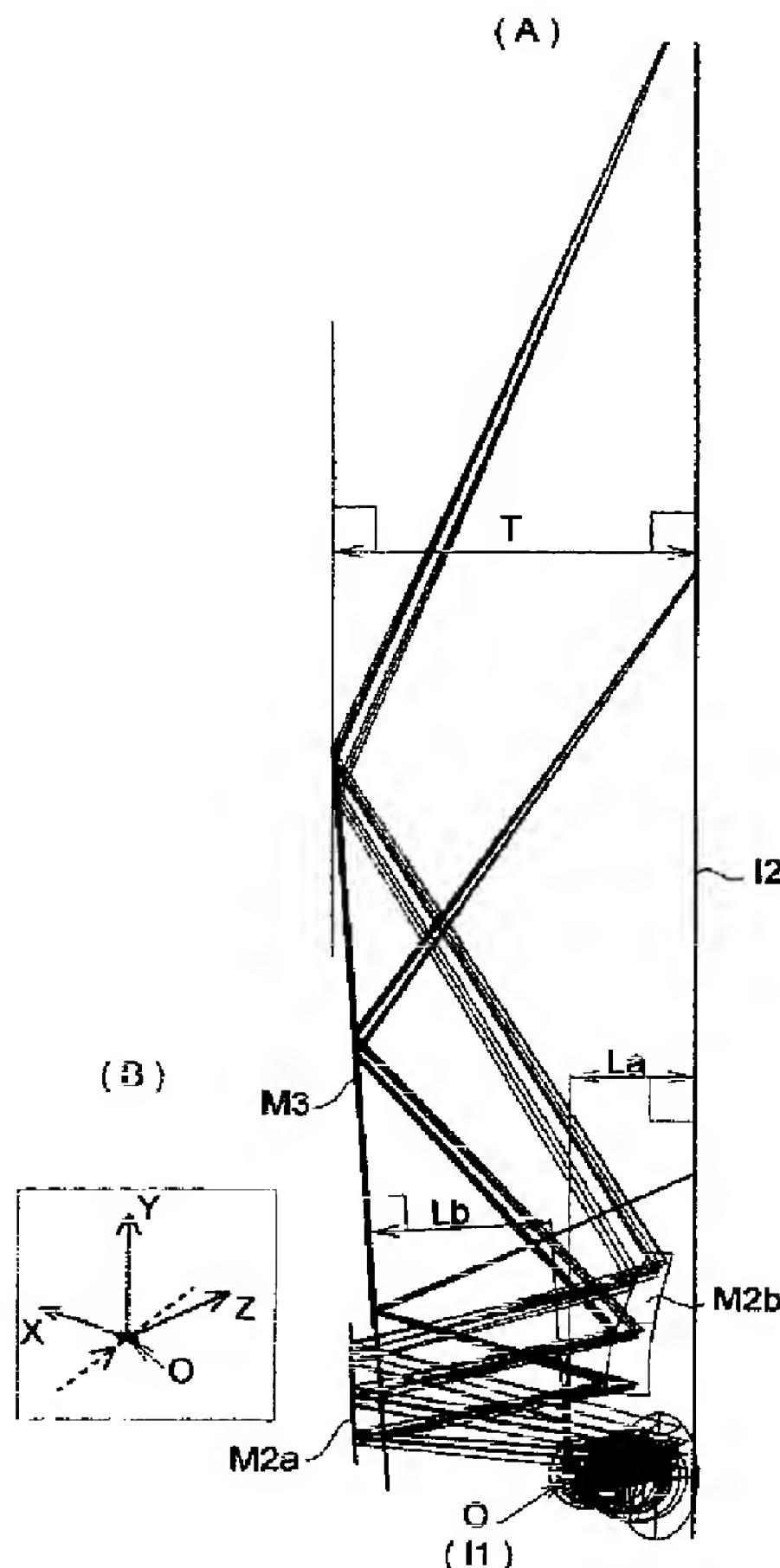
【図25】



【図27】



【図26】



フロントページの続き

(51) Int. C1.7

識別記号

F I

(参考)

G 0 3 B 21/10

G 0 3 B 21/10

Z

F ターム(参考) 2H087 KA06 LA01 PA03 PA04 PA06
 PA09 PA10 PA17 PA18 PA19
 PB04 PB08 PB11 PB12 QA02
 QA03 QA07 QA12 QA14 QA21
 QA22 QA25 QA26 QA37 QA41
 QA42 QA45 RA05 RA12 RA32
 RA33 RA41 RA45 TA01 TA05
 TA06
 2H088 EA14 EA15 HA13 HA24 HA28
 MA20
 2H091 FA05X FA14X FA14Z FA26X
 FA26Z FA41Z LA11 MA07